

**Frühe akustisch evozierte Potentiale
Klinische Anwendbarkeit und Referenzbereiche
beim Hund**

Peter Braun

Disbui. München

1988



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546219_0025

Aus der Medizinischen Tierklinik
Lehrstuhl für Innere Krankheiten des Pferdes
und der kleinen Haustiere sowie für
Gerichtliche Tiermedizin

Vorstand: Prof. Dr. Wilfried Kraft

Frühe akustisch evozierte Potentiale
Klinische Anwendbarkeit und Referenzbereiche
beim Hund

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von Peter Braun
aus München

München 1988

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. M. Rüsse

Referent: Prof. Dr. W. Kraft

Korreferent: Prof. Dr. W. Hermanns

Tag der Promotion: 29. Juli 1988

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. LITERATUR	
1. Geschichte der akustisch evozierten Potentiale	2
2. Das Gehör	2
2.1. Funktion des Gehörs	2
2.2. Aufbau der Hörbahn	3
3. Evozierte Potentiale	5
3.1. Einteilung	5
3.1.1. Einteilung der evozierten Potentiale	5
3.1.2. Einteilung der akustisch evozierten Potentiale	5
3.2. Theorie der evozierten Potentiale	6
3.3. Ableitungstechnik	8
3.4. Akustisch evozierte Potentiale	15
3.4.1. Frühe akustisch evozierten Potentiale	15
3.4.2. Mittlere akustisch evozierte Potentiale	18
3.4.3. Späte akustisch evozierte Potentiale	19
3.4.4. Beziehung von akustisch evozierten Potentialen zu anatomischen Strukturen	20
3.4.5. Akustisch evozierte Potentiale in der Humanmedizin	23
3.4.5.1. Verwendung in der Neurologie	23
3.4.5.2. Bedeutung in der Otologie	24
3.4.6. Akustisch evozierte Potentiale in der experimentellen Medizin	25

3.4.7.	Akustisch evozierte Potentiale in der Tiermedizin	27
--------	---	----

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1.	Material und Methoden	30
1.1.	Material	30
1.1.1.	Tiere	30
1.1.1.1.	Tiere für den Vorversuch zur Bestimmung der Hörschwelle und der günstigsten Elektrodenposition	30
1.1.1.2.	Tiere zur Bestimmung der Referenzbereiche der Latenzzeiten der FAEP.	30
1.1.1.3.	Tiere für die Untersuchung der FAEP im Welpenalter	33
1.2.	Methoden	34
1.2.1.	Versuchsprogramm	34
1.2.2.	Ableitungsmethode	34
1.2.2.1.	Aufbau des Meßplatzes und Arbeitsablauf	34
1.2.2.2.	Meßparameter	36
1.2.2.3.	Elektroden	39
1.2.2.4.	Dokumentation	39
1.2.3.	Bestimmung einer günstigen Elektrodenposition	41
1.2.4.	Bestimmung der Hörschwelle	43
1.2.5.	Bestimmung von Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V der FAEP	44
1.2.6.	Untersuchung der FAEP im Welpenalter	44
1.2.7.	Statistische Auswertung	45

2.	Ergebnisse	46
2.1.	Ergebnisse des Vorversuchs	46
2.1.1.	Vor- und Nachteile der verschiedenen Elektrodenpositionen.	46
2.1.2.	Bestimmung der Hörschwelle	49
2.2.	Ergebnisse des Hauptversuchs	52
2.2.1.	Beschreibung der Potentialkurven der FAEP	52
2.2.2.	Bestimmung der Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V der FAEP	55
2.2.2.1.	Seitendifferenzen	61
2.2.2.2.	Altersabhängigkeit	61
2.2.2.3.	Geschlechtsabhängigkeit	65
2.2.2.4.	Referenzbereiche der Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V der FAEP	66
2.3.	Ergebnisse der Ableitung von FAEP bei Welpen	69
2.3.1.	Entwicklung der Potentialkurven der FAEP	69
2.3.2.	Potentiallatenzen und Interpeaklatenz der FAEP bei Welpen	69
IV.	DISKUSSION	72
V.	ZUSAMMENFASSUNG	82
	SUMMARY	84
VI.	LITERATURVERZEICHNIS	86

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A	Alter
AEP	Akustisch evozierte Potentiale
BAEP	Brainstem auditory evoked potential
BAER	Brainstem auditory evoked response
FAEP	Frühe akustisch evozierte Potentiale
G	Geschlecht
SD	Standardabweichung
x	Mittelwert

I. EINLEITUNG

Beim Menschen findet die Ableitung der frühen akustisch evozierten Potentiale (FAEP) in der neurologischen und otologischen Praxis eine immer weitere Verbreitung.

Die FAEP werden in der neurologischen Praxis z.B. zur Diagnostik von Gehirntumoren oder anderen raumfordernden Prozessen in der hinteren Schädelgrube, sowie der spinalen Form der Multiplen Sklerose eingesetzt. Bei allen neuralen Störungen im Bereich der Hörbahn können die FAEP diagnostisch verwendet werden.

In der otologischen Praxis ergänzen die FAEP audiometrische Untersuchungen besonders bei sensoneuralen Störungen. Gute Dienste leisten sie auch bei Patienten, die der gewöhnlichen Audiometrie nicht zugänglich sind, wie z.B Säuglingen und Kleinkindern.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die klinische Anwendbarkeit von FAEP beim Hund zu untersuchen.

An einem größeren Kollektiv gesunder Hunde sollten Referenzbereiche der FAEP bestimmt sowie die evozierten Potentialkurven charakterisiert werden.

An zwei Welpen sollte die Entwicklung der FAEP im Welpenalter untersucht werden.

II. LITERATUR

1. Geschichte der akustisch evozierten Potentiale

Schon Ende der 30er Jahre sind Überlagerungen der spontanen EEG-Aktivität durch akustisch evozierte Wellenformen beschrieben worden (JÖRG und HIELSCHER, 1984).

BLICKFORD, JACOBSEN und CODY (1964) ist es bereits in den 60er Jahren gelungen, akustisch evozierte Potentiale mit Latenzzeiten zwischen 50 und 300 msec abzuleiten.

Die rasante technische Entwicklung brachte leistungsfähige elektronische Geräte hervor, die es ermöglichten, auch die frühen akustisch evozierten Potentiale zu untersuchen. JEWETT und WILLISTON waren 1971 die ersten, die beim Menschen innerhalb der ersten zehn Millisekunden nach Reizbeginn eine Potentialkurve mit sieben Gipfeln erfassen konnten.

Erst Anfang der 80er Jahre wurde die Technik der akustisch evozierten Potentiale beim Tier eingesetzt. KAY, PALMER und TAYLOR (1984), SIMS und MOORE (1984), HOLLIDAY und TE SELLE (1985) sowie MARSHALL (1985 a und b) begannen mit der Einführung in die Tiermedizin.

2. Das Gehör

2.1. Funktion des Gehörs

Der Schall kann über Luft- und Knochenleitung verarbeitet werden. Die Luftleitung ist der wichtigere Übertragungsweg.

Die Ohrmuschel, der äußere Gehörgang, das Trommelfell und die Gehörknöchelchenkette sind Stationen, die der Schall auf seinem Weg bis zur ovalen Fenstermembran nehmen muß. An dieser Fenstermembran wird der Schall auf die Perilymphe des Innenohres übertragen. Im Kortischen Organ des Innenohres erfolgt die Umschaltung des mechanischen Impulses in einen elektrischen Impuls. Diese elektrischen Impulse werden über die Hörbahn fortgeleitet und weiter verarbeitet.

2.2. Aufbau der Hörbahn

In der Abbildung 1 sind die wichtigsten Faserzüge der Hörbahn schematisch dargestellt (nach JÖRG und HIELSCHER, 1984).

Im Kortischen Organ werden die mechanischen Impulse in elektrische Impulse umgewandelt. Diese werden Generatorpotentiale genannt. Die Generatorpotentiale werden vom N. cochlearis zum Nucleus cochlearis fortgeleitet. In diesem Kerngebiet, das aus einem dorsalen und einem ventralen Anteil besteht und sich im Bereich der Brücke in Höhe der breitesten Stelle der Rautengrube befindet, werden die Impulse erstmals umgeschaltet. Im Nucleus cochlearis teilen sich die Faserzüge. Ein Teil wird im gleichseitigen Nucleus olivaris umgeschaltet. Ein anderer Teil kreuzt zur gegenüberliegenden Seite und wird im gegenseitigen Nucleus olivaris umgeschaltet. Von hier aus setzt sich die Hörbahn als Lemniscus lateralis (laterale Schleifenbahn) fort. Über diese laterale Schleifenbahn erreichen die Faserzüge den Nucleus lemnisci lateralis, sowie den Nucleus colliculi inferioris. Diese beiden Kerngebiete liegen im Bereich der unteren Vierhügel. Durch Abgabe von Kollateralen gibt es sowohl auf der Ebene des Nucleus lemnisci lateralis, als



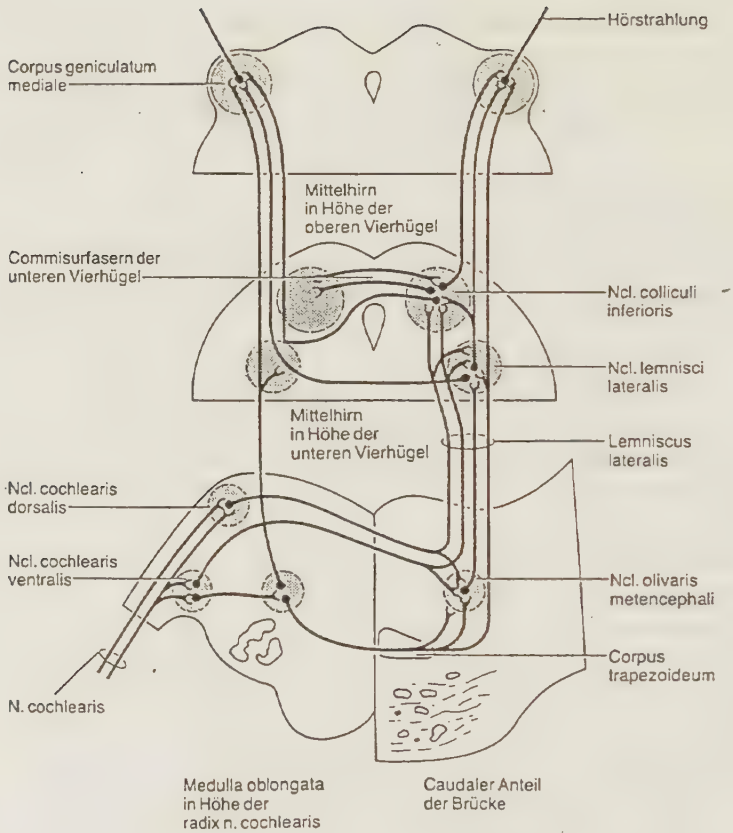


Abb. 1

Hörbahn im Bereich des Hirnstamms (nach JÖRG und Hielscher, 1984)

auch auf der Ebene des Nucleus colliculi inferioris Verbindungen zum entsprechenden kontralateralen Kerngebiet. Vom Bereich der unteren Vierhügel ziehen die Fasern im Mittelhirn weiter zum Bereich der oberen Vierhügel in das Corpus geniculatum mediale. Als Hörstrahlung setzen sich die Faserzüge von hier aus zum primären sensorischen kortikalen Bereich, den Gyri temporales transversae fort.

3. Evozierte Potentiale

3.1. Einteilung

3.1.1. Einteilung der evozierten Potentiale

Die evozierten Potentiale werden aufgrund der unterschiedlichen Art der Reizung in drei Gruppen eingeteilt. Dies sind

1. Akustisch evozierte Potentiale (AEP)
2. Visuell evozierte Potentiale (VEP)
3. Somatosensorisch evozierte Potentiale (SEP)

3.1.2. Einteilung der akustisch evozierten Potentiale

Die akustisch evozierten Potentiale werden aufgrund ihres unterschiedlichen zeitlichen Auftretens sowie ihrer unterschiedlichen topologischen Zuordnung in drei Gruppen eingeteilt (HALLIDAY, 1982). Dies sind

1. Frühe akustisch evozierte Potentiale

2. Mittlere akustisch evozierte Potentiale

3. Späte akustisch evozierte Potentiale

3.2. Theorie der evozierten Potentiale

Definition: Evozierte Potentiale sind volumengeleitete elektrische Signale, die nach elektrischer Reizung oder nach adäquater Reizung erregbaren Gewebes auftreten (nach EYSEL, 1984).

Auslösung, Fortleitung, Verschaltung und zentrale Verarbeitung dieser durch die Reizung bedingten Signale sind die physiologischen Grundlagen evozierter Potentiale. Die Messung erfolgt extrakranial und bietet somit ein nicht invasives Verfahren, um Aussagen über die Funktion des Nervensystems zu machen.

Durch eine adäquate Reizung (z.B. akustisches Signal beim Ohr, Lichtreiz beim Auge) muß das erregbare Nervengewebe über das Schwellenpotential hinaus depolarisiert werden. In der Neurologie spricht man hierbei von einer supramaximalen Reizung. Für die Messung ist es außerordentlich wichtig, daß die Reizung zu einer gleichzeitigen Erregung einer möglichst großen Anzahl von Neuronen führt.

Das erregbare Gewebe reagiert auf die Reizung mit einem Nettoeinwärtsstrom positiv geladener Ionen in die Zellen. Der Einstrom dieser Ionen läßt einen elektrischen Dipol entstehen. Dieser Dipol bzw. die erregte Zelle weist eine positive Ladung innerhalb und eine negative Ladung außerhalb der Zelle auf. Wie jeder elektrische Dipol wird auch dieser von einem elektrischen Feld umgeben. Die interstitielle Flüssigkeit stellt ein leitendes Medium dar. Eine weitere Ausbreitung der Feldlinien ist somit gewährleistet (JÖRG und HIELSCHER, 1984).

Das Prinzip der Ableitung der evozierten Potentiale besteht nun darin, eine Ableitungselektrode so in Position zu bringen, daß sie im Bereich des vom erregten Gewebe erzeugten elektrischen Feldes liegt. Eine indifferente Elektrode wird in einiger Entfernung an einem möglichst elektrisch neutralen Ort gesetzt. Auf diese Weise ist es möglich, Differenzen zwischen diesen beiden Elektroden zu messen.

Ein evoziertes Potential ist also dadurch charakterisiert, daß es eine oder mehrere im zeitlichen Zusammenhang zur Reizung stehende Potentialspitzen zeigt. Diese Potentialspitzen können durch ihre Latenzzeit sowie durch ihre Amplitude beschrieben werden. Die Latenzzeit ist definiert als die Zeit vom Reizeintritt bis zur jeweiligen positiven Spitze der Potentialkurve. Die Amplitude wird von der jeweiligen positiven Spitze bis zur darauffolgenden ins Negative reichende Spitze gemessen.

Die evozierten Potentiale können an verschiedenen Stellen zwischen Reizort und Hirnrinde abgeleitet werden. Von einer Ableitung von Aktionspotentialen direkt am Nerven, einer Ableitung von Potentialen im Hirnstamm bis hin zu einer

Ableitung kortikaler Potentiale reichen hierbei die Möglichkeiten.

Eine entscheidende Rolle für die Qualität und die Amplitude des Antwortsignals spielen die Synchronität der Erregungsabläufe, sowie die Anzahl der erregten Neuronenverbände.

Falls in den Neuronenverbänden Störungen vorliegen, die eine Synchronität der Erregungsabläufe verhindern oder die Erregungsfortleitung gestört ist, führt dies zu Amplitudenverminderung oder/und Latenzverlängerung.

3.3. Ableitungstechnik

Die Ableitung evozierter Potentiale muß in einem möglichst ruhigen Raum erfolgen. Der Patient sollte so wenig wie möglich sensorischen Reizen während der Messung ausgesetzt sein. Etwaige elektrische Geräte (z.B. elektrische Heizdecke) sollten nicht in der Nähe des Meßplatzes angeschlossen werden. Störungen durch diese Geräte würden die Messung unmöglich machen.

Zur Messung evozierter Potentiale benötigt man eine bestimmte Meßapparatur. Diese muß dazu geeignet sein, elektrophysiologische Signale, die durch sensorische Reize ausgelöst werden, aufzunehmen. Diese Apparatur besteht aus einem Reizgeber, einem Vorverstärker mit Filter, einem Averager (Mittelwertrechner) und einer Artefaktunterdrückung (siehe Abb.2). Die Ableitung erfolgt mittels Elektroden.

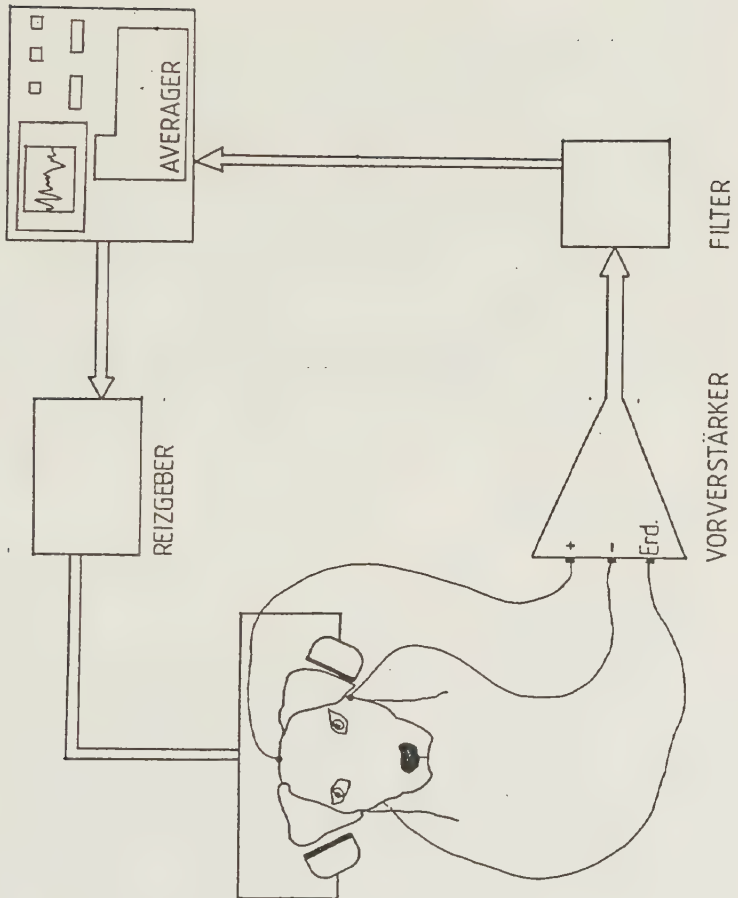


Abb. 2

Aufbau des Meßplatzes (modifiziert nach CAUSMAECKER, 1984)

Der Reizgeber:

Der Reizgeber erzeugt einen genau definierten sensorischen, visuellen oder akustischen Reiz. Bei der Präsentation eines akustischen Reizes besteht der Reizgeber aus einem Kopfhörer. Die Darbietung des akustischen Reizes kann ein- (monaural) oder beidseitig (binaural) erfolgen. Bei monauraler Reizung wird meist das nicht spezifisch gereizte Ohr durch ein Rauschen "vertäuscht". Die Membran des Kopfhörers erzeugt keinen reinen Ton, sondern ein Click-Geräusch mit einem bestimmten Frequenzband in einer bestimmten Zeiteinheit. Die Dauer des Click-Geräusches beträgt in der Regel 0,05 - 0,25 msec.

Die Reizfrequenzen bewegen sich zwischen 10 und 30 Hz. An der Kopfhörermembran kann das Geräusch als Zug- (Rarefaction) oder Druckwelle (Condensation) ausgelöst werden. Die Lautstärke sollte im Bereich der supramaximalen Reizung liegen, d.h. sie sollte 60 - 70 db über der Hörschwelle liegen.

Der Vorverstärker:

Die Amplitude eines evozierten Potentials ist sehr klein im Vergleich etwa zu myogenen Aktivitäten oder zu störenden elektrischen Einflüssen von außerhalb. Darüber hinaus sind die Signale mit der spontanen Hirnaktivität vermischt. Es sind daher bestimmte Maßnahmen nötig, um das Antwortsignal von störenden elektrischen Einflüssen außerhalb und der Hintergrundaktivität des Gehirns zu trennen.

Deshalb wird ein Differential-Vorverstärker eingesetzt, der eine Gleichtaktunterdrückung besitzt. Dies bewirkt, daß nur Differenzspannungen zwischen den beiden Eingangselektroden

verstärkt werden. Auf diese Weise können z.B. durch das Wechselstromnetz bedingte Störungen ausgeschaltet werden.

Der Filter:

Bingehende Signale besitzen verschiedene Frequenzen. Für das Antwortsignal sind aber nur Signale in einem bestimmten Frequenzbereich von Bedeutung. Mit einem Filter ist somit die Möglichkeit gegeben, das Signal selektiv zu begrenzen. Der Filter ist definiert durch zwei Eckfrequenzen und deren Steilheit. Die obere und untere Grenze des Frequenzbandes, in dem die Signale zur Messung herangezogen werden sollen, sind durch die Eckfrequenzen gegeben. Die Steilheit bedeutet, daß der Frequenzbereich keine harten Grenzen besitzt, sondern daß ein Signal umso mehr abgeschwächt wird, je weiter es sich vom Frequenzband entfernt.

Averaging:

Evozierte Potentiale sind grundsätzlich ein Teil der gesamten elektrischen Aktivität des Gehirns.

Averaging bedeutet, daß der Averager nach jedem Reiz während einer bestimmten Zeitspanne das EEG-Signal mißt und diese Signalabschnitte addiert. Dadurch wird nur das in einer zeitlichen Relation zum Reiz stehende Antwortpotential vergrößert. Die Antwortsignale des spontanen EEG vergrößern sich nicht, da diese zufällig auftreten, sondern sie tendieren zu Null. Nach dieser Addition muß das Ergebnis durch die Anzahl der summierten Abschnitte dividiert werden (HALLIDAY, 1982). Diese Technik wurde durch den raschen Fortschritt in der Computertechnologie möglich. Bei heutigem Stand der Technik müssen mindestens 500 Signale gemittelt

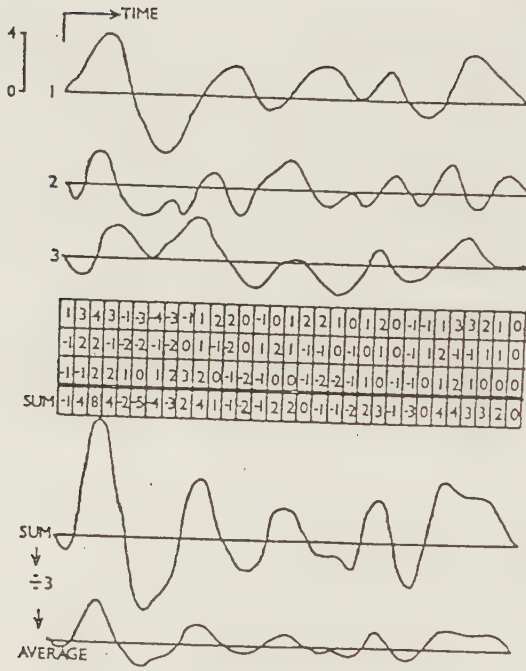


Abb. 3

Schematische Darstellung des Averaging (nach HALLIDAY (1982))

werden, um ein zufriedenstellendes Antwortpotential zu erhalten.

In Abbildung 3 ist das Prinzip des Averaging schematisch dargestellt.

Artefaktunterdrückung:

Eine Artefaktunterdrückung ist nötig, um selten auftretende Signalspitzen mit großen Amplituden zu verwerfen. Solche Signalspitzen können z.B. durch myogene Aktivitäten hervorgerufen sein. Diese erreichen eine Größenordnung von Millivolt, wohingegen sich das zu messende Signal im Mikrovolt-Bereich bewegt. Ohne eine Unterdrückung solcher großer Signalspitzen ist es schwierig, ein verwertbares Antwortsignal zu erhalten. Daher wird eine Artefaktgrenze festgelegt. Sobald ein Signalabschnitt diese Grenze erreicht oder überschreitet, wird dieser Wert verworfen und nicht zur Mittelwertbildung (Averaging) herangezogen.

In Abbildung 4 ist das Prinzip der Artefaktunterdrückung schematisch dargestellt.

Elektroden:

Elektroden dienen der Aufnahme der Potentiale. Zur Ableitung können entweder Nadelelektroden, die subkutan gesetzt werden, oder Oberflächenelektroden, die mittels einer Klebpaste befestigt werden, verwendet werden. Die Haut-Elektroden-Übergangsimpedanz sollte bei der Ableitung evozierter Potentiale nicht über 5 kOhm liegen. Die Elektrodenpositionen zur Ableitung der FAEP liegen beim Menschen in der Mitte des Vertex und in der Mastoidregion.

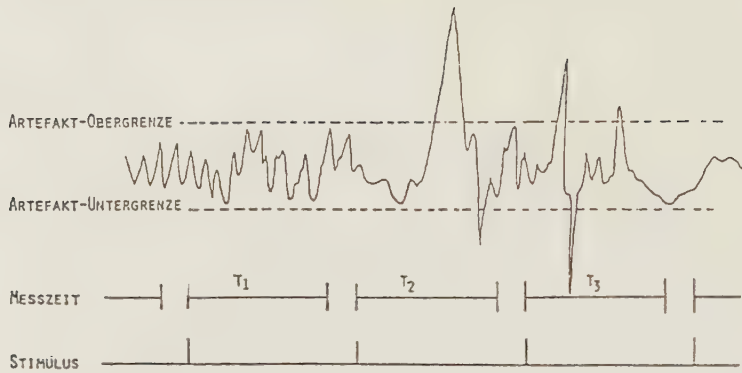


Abb. 4

Schematische Darstellung der Artefaktunterdrückung
(nach CAUSMAECKER, 1984)

3.4. Akustisch evozierte Potentiale

3.4.1. Frühe akustisch evozierte Potentiale

Die frühen akustisch evozierten Potentiale (FAEP) treten in den ersten 10 msec nach Reizeintritt auf.

In der angelsächsischen Literatur ist die Bezeichnung dieser Potentiale vielfältig. Sie werden unter anderem als brainstem evoked potential (BSEP), als brainstem auditory evoked potential (BAEP) und als brainstem auditory evoked response (BAER) bezeichnet.

Die Ableitung der FAEP erfolgt nach den Prinzipien der Ableitetechnik, die in Punkt 3.3 beschrieben sind.

Beim Menschen handelt es sich beim Antwortsignal der FAEP um eine Potentialkurve mit sechs bis sieben positiven Potentialspitzen (Peaks). Gemessen werden bei der Beurteilung der FAEP die Latenzzeiten der einzelnen Peaks sowie verschiedene Interpeaklatenzen. Die Latenzzeiten der einzelnen Peaks werden auch als Potentiallatenzen und die Interpeaklatenzen auch als Latenzdifferenzen bezeichnet. Die Latenzzeit ist die Zeit vom Reizeintritt bis zu den jeweiligen positiven Spitzen der Potentialkurve. Die Interpeaklatenzen sind die Zeitabstände, die zwischen den einzelnen Peaks auftreten. Diese werden im allgemeinen zwischen den Peaks I und III, I und V, sowie zwischen III und V gemessen.

Nach Untersuchungen von HIELSCHER (1984) ergeben sich die Potentiallatenzen (bei einer 80 db über der Hörschwelle liegenden Reizung) der einzelnen Peaks beim Menschen wie folgt:

Peak I: 1.38 ms; Peak II: 2,36 ms; Peak III: 3.41 ms;
Peak IV: 4.49 ms; Peak V : 5,22 ms

Die Latenzdifferenzen ergaben unter identischen Reizbedingungen folgende Werte:

I - III: 2.03 ms; I - V: 3.84 ms; III - V: 1,81 ms;

Die sechste und siebte Potentialspitze zeigten sich in ihrem Auftreten als sehr variabel und bleiben daher von geringer diagnostischer Bedeutung.

Eine typische Potentialkurve ist in Abbildung 5 dargestellt.

Parameter für die Messung der frühen akustisch evozierten Potentiale:

Reizdauer : 0,05 - 0,25 msec

Reizfolgefrequenz : 10 - 30 Hz

Reizintensität : 60 - 70 db über der Hörschwelle

Obere Filtereckfrequenz : 3 - 5 kHz

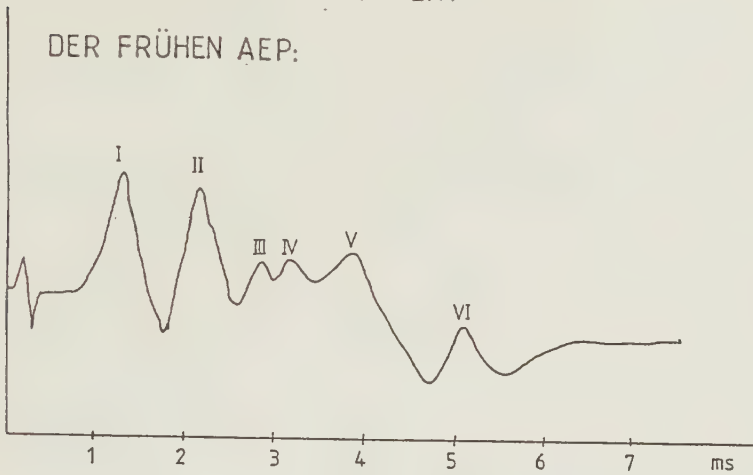
Untere Filtereckfrequenz: ca. 100 Hz

Averagingzahl : > 500

Empfindlichkeit: Das Gerät muß Ströme im Bereich von 0,5 - 10 μ V erfassen können

TYPISCHE POTENTIALKURVEN:

DER FRÜHEN AEP:



DER MITTLEREN AEP:

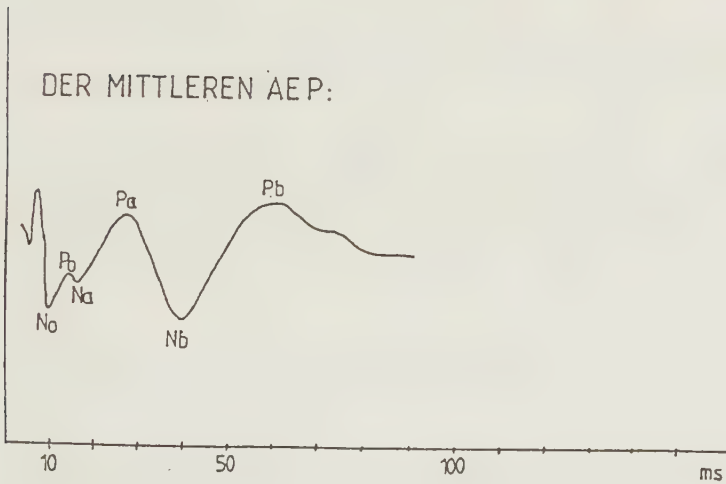


Abb. 5

3.4.2. Mittlere akustisch evozierte Potentiale

Die mittleren akustisch evozierten Potentiale sind elektrische Antwortsignale, deren Ursprung in der Hirnrinde liegt und die 10 - 60 msec nach Reizeintritt auftreten (HALLIDAY, 1982). Ihre Amplitude reicht von 0,5 bis 3 μ V. Sie werden in der englischen Literatur als "middle latency components of the auditory evoked potentials", oder als "Central nervous system response" bezeichnet.

Die Ableitungstechnik der mittleren akustisch evozierten Potentiale ist mit der Ableitungstechnik der FAEP identisch. Die Meßparameter sind im Vergleich zur Ableitung der FAEP in einigen Punkten verändert.

Das Antwortsignal ergibt beim Menschen eine Kurve mit drei positiven und drei negativen Spitzen. Die positiven Spitzen werden mit P, und die negativen Spitzen mit N bezeichnet. Sie treten in der Reihenfolge No, Po, Na, Pa, Nb, Pb auf. Gemessen werden hier die Potentiallatenzen und die Amplituden der positiven und der negativen Spitzen.

Von SIMS und MOORE (1984 a) wurden die "Middle latency components" bereits beim Hund untersucht. Dort ergaben sich ebenso wie beim Menschen drei positive und drei negative Potentialspitzen. Sie erhielten dabei folgende Ergebnisse (bei einer 70 db über der Hörschwelle liegenden Reizung):

Latenzzeiten in ms:

No: 7,77 $\pm$ 0,15

Po: 11,21 $\pm$ 0,22

Na: 13,62 $\pm$ 0,24

Pa: 20,26 $\pm$ 0,60

Nb: 39,37 $\pm$ 0,66

Pb: 55,21 $\pm$ 1,33

SIMS und MOORE (1984 a) verwendeten bei ihren Untersuchungen folgende Meßparameter:

Reizdauer : 0,1 msec

Reizfolgefrequenz : 5 Hz

Reizintensität : 50 - 90 db über der Hörschwelle

Obere Filtereckfrequenz : 320 Hz

Untere Filtereckfrequenz: 16 Hz

Averagingzahl : 1024

Empfindlichkeit : $< 0,5$ μ V

3.4.3. Späte akustisch evozierte Potentiale

Späte akustisch evozierte Potentiale sind elektrische Antwortsignale, die ihren Ursprung in der Hirnrinde haben

und im Bereich von 60 msec bis zu 1,5 sec nach Reizeintritt auftreten (HALLIDAY, 1982).

Die Meßtechnik unterscheidet sich nicht von der Messung der frühen und mittleren akustisch evozierten Potentiale.

Eine äußerst hohe Variabilität der Potentialkurven verhinderte bisher eine breitere Verwendung dieser "Late latency components" der AEP.

3.4.4. Beziehung von akustisch evozierten Potentialen zu anatomischen Strukturen

Seit Entdeckung der akustisch evozierten Potentiale wurde versucht, die Potentiale den verschiedenen Neuronenverbänden und Kerngebieten im Bereich der Hörbahn zuzuordnen.

BUCHWALD und HUANG (1975), sowie ACHOR und STARR (1980) versuchten, mit invasiven Methoden an Hand von Tierexperimenten dieses Problem bei den FAEP zu klären. Eine Isolierung des VIII. Gehirnnerven vom Hirnstamm löschte beim Antwortsignal alle Potentialspitzen außer der ersten aus (BUCHWALD und HUANG, 1975). Die Autoren ordneten daher die erste Potentialspitze dem VIII. Gehirnnerven zu. Einen großen Anteil an der Entstehung der zweiten Potentialspitze weisen beide Autorengruppen (BUCHWALD und HUANG, 1975; ACHOR und STARR, 1980) dem Nucleus cochlearis zu. ACHOR und STARR (1980) zeigten, daß auch das Corpus trapezoideum an der Bildung des zweiten Peaks beteiligt ist. Als Generatoren der dritten Komponente der FAEP werden sowohl von BUCHWALD und HUANG (1975) als auch von ACHOR und STARR (1980) die Nuclei olivares angesehen.

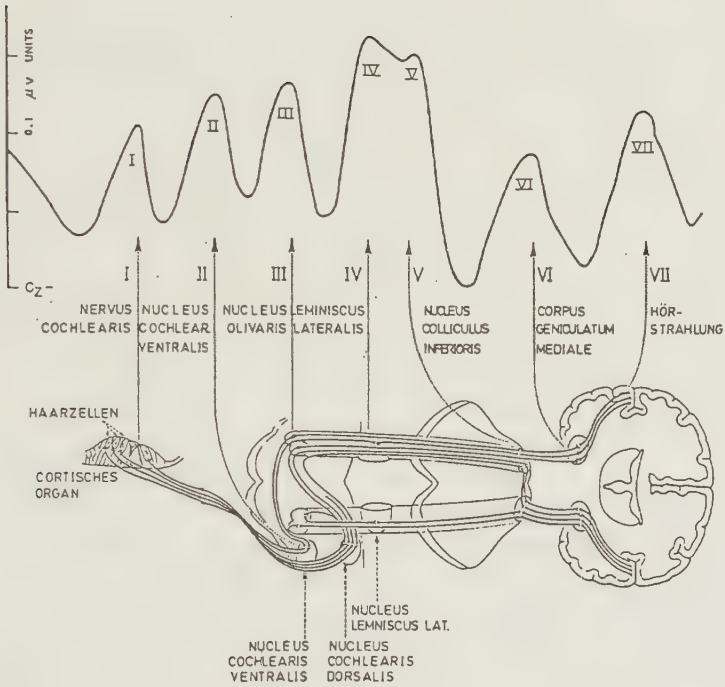


Abb. 6

Beziehung der Wellenformen zu anatomischen Strukturen.
(modifiziert nach STOCKARD, STOCKARD, SHARBROUGH, 1977)

Kontroverse Ansichten bestehen bei der Diskussion über die Herkunft der Wellen IV, V, VI und VII.

BUCHWALD UND HUANG (1975) ordneten Peak IV dem Nucleus lemniscus lateralis zu. Andere Autoren konnten dies nicht bestätigen.

Ähnlich gegensätzliche Ergebnisse erhielten die Autoren bei der Suche nach der Herkunft von Peak V. ACHOR und STARR (1980) beobachteten, daß die Nuclei colliculi inferiores keinerlei Einfluß auf Peak V zeigten. Dagegen sprechen andere Autoren (JEWETT und WILLISTON, 1971; BUCHWALD und HUANG, 1975) davon, daß die fünfte Potentialspitze von den Nuclei colliculi inferiores hervorgerufen wird.

Abbildung 6 zeigt eine Beziehung zwischen den anatomischen Strukturen und den Potentialkurven, wie sie STOCKARD J., STOCKARD E. und SHARBROUGH (1977) in ihren Untersuchungen feststellten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß eine genaue topologische Zuordnung der Peaks höchstens für die ersten zwei oder drei Peaks erfolgen kann. Exakte Aussagen über die Herkunft der anderen Peaks können aufgrund der bisher sehr unterschiedlichen Forschungsergebnisse im Moment nicht getroffen werden.

BLICKFORD, JACOBSEN und CODY (1964) sind der Ansicht, daß auch die mittleren akustisch evozierten Potentiale neuralen Ursprungs sind. Die Generatoren der einzelnen Spitzen sehen sie in dem Corpus geniculatum mediale, Kerngebieten des Thalamus und Bereichen der Hörrinde.

3.4.5. Akustisch evozierte Potentiale in der Humanmedizin

Frühe akustisch evozierte Potentiale finden in der Humanmedizin in zweierlei Hinsicht Verwendung. Einerseits sind sie eine Untersuchungsmethode in der Diagnostik neurologischer Krankheitsbilder, andererseits ein diagnostisches Hilfsmittel des Hals-Nasen-Ohren-Arztes.

3.4.5.1. Verwendung in der Neurologie

In der Möglichkeit, Funktionsstörungen im Bereich des Nervus acusticus und der Hirnstammabschnitte der Hörbahn nachweisen zu können, liegt die klinische Bedeutung der FAEP.

In der Gehirntumordiagnostik hat die Methodik der FAEP mittlerweile einen gewissen Stellenwert erreicht.

Dies trifft vor allem für die Diagnostik des Akustikusneurinoms zu. Verschiedene Autoren (STARR und ACHOR, 1975; MAURER, LEITNER und SCHÄFER, 1982) berichten in Fallstudien über Veränderungen der FAEP bei diesem Krankheitsbild. Am häufigsten wurden dabei verlängerte Interpeaklatenzen sowie pathologische Differenzen zwischen dem rechten und dem linken Ohr festgestellt.

Unterschiede der Interpeaklatenz I-V zwischen der rechten und der linken Seite stellten FEBLOT und UZIEL (1982) an einem größeren Patientenkollektiv mit Kleinhirnbrückenwinkeltumoren fest.

Beobachtungen weiterer Autoren (STARR u. HAMILTON, 1976; STOCKARD u. SHARBROUGH, 1980) zeigen, daß neben extrazerebralen Tumoren der hinteren Schädelgrube auch

intraparenchymatös gelegene blastomatöse Prozesse die FAEP verändern können.

Die Multiple Sklerose kann als spinale Form, bei der demyelinisierende Erscheinungen auftreten, vorkommen. Bei dieser Form können die FAEP als diagnostisches Hilfsmittel dienen. MAURER, LOWITZSCH (1982) und CHIAPPA (1982) konnten in ihren Untersuchungen keine für die Multiple Sklerose charakteristischen Veränderungen der FAEP feststellen. Veränderungen der FAEP können im Einzelfall aber die Wahrscheinlichkeit der Diagnose Multiple Sklerose erhöhen.

STÖHR (1986) sieht in der Technik der FAEP eine brauchbare Möglichkeit zur Feststellung des Hirntodes. Diese Meinung wird nicht von allen Autoren geteilt. MAURER, LEITNER, SCHÄFER, (1982) und UZIEL, BENEZECH, LORENZO, MONSTREY, DUBOIN, ROQUEFEUIL, (1982) sind der Meinung, daß diese Methode zuviel Unsicherheiten bei dieser Problemstellung in sich birgt.

3.4.5.2. Bedeutung in der Otologie

In der Otologie werden die FAEP z.B. bei Neugeborenen und Kleinkindern eingesetzt, da bei diesen Patienten die Methoden der herkömmlichen Audiometrie nur schwierig oder gar nicht anzuwenden sind.

Schalleitungsstörungen lassen sich an Hand von veränderten Latenzzeiten feststellen. Eine Bestimmung der Hörschwelle mit der Technik der FAEP kann dem Untersuchenden Hinweise auf Hörverluste geben.

Für die otologische Praxis hat die Technik der FAEP den entscheidenden Vorteil, eine der wenigen objektiven Meßmethoden in der Audiometrie zu sein.

3.4.6. Akustisch evozierte Potentiale in der experimentellen Medizin

Verschiedene Tierarten wurden für eine Reihe von Experimenten verwendet. So wurden hauptsächlich Untersuchungen an Nagern (Ratten, Mäuse, Meerschweinchen, Hasen) (DUM, v. WEDEL, 1983; FUNAI, FUNASAKA, 1983; SUZUKI, 1983; CHURCH, WILLIAMS, HOLLOWAY, 1984; MARSH, YAMANE, POTSIC, 1984; SHAPIRO, MOLLER, SHIU, 1984; GOLD, CAHANI, SOHMER, 1985; FUNASAKA, ITO, 1986; SHAW, 1986) und Katzen (BUCHWALD, HUANG, 1975; ACHOR, STARR, 1980; MARSH, FREWEN, SUTTON, 1984; MORERA, HERRERA, 1984; MAIR, LAUKLI, 1985; SONTHEIMER, CAIRD, KLINKE, 1985) durchgeführt, dazu aber auch an Rhesusaffen (DOYLE, SAAD, FRIA, 1983; LEGATT, AREZZO, VAUGHAN, 1986; MOLLER, BURGESS, 1986), Menschenaffen (KRAUS, SMITH, REED, 1985) und Schafen (ASHWAL, STADDON, GELLER, LONGO, 1984; HILL, HEAVENS, BALDWIN, 1985).

Die Zuordnung der Wellenformen zu anatomischen Strukturen steht seit längerem zur Diskussion. So dienten eine Reihe von Tierexperimenten dazu, dieses Problem zu klären (BUCHWALD, HUANG, 1975; ACHOR, STARR, 1980). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind bereits im Kapitel 3.4.4. besprochen worden.

Mehrere Autoren waren daran interessiert, den Einfluß verschiedener Pharmaka auf die AEP zu ermitteln (SUZUKI,

1983; MARSH, FREWEN, SUTTON, 1984; SHAPIRO, MOLLER, SHIU, 1984; SAMRA, KRUTAK-KROL, 1985; SHEPHERD, CLARK, 1985; SHAW, 1986).

MARSH, FREWEN, SUTTON (1984) stellten in einer Arbeit die Wirkung von Pentobarbital auf die FAEP bei Katzen dar. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß die späteren Wellen der Potentialkurve reduziert waren und daß die Wellen auch bei einer Dosierung, die kaum noch mit dem Leben vereinbar war, nicht verschwanden.

Scopolamin und Morphin haben in den Untersuchungen von SAMRA und KRUTAK-KROL (1985) keine Veränderungen der FAEP hervorgerufen. SIMS und HOROHOV (1986) berichten über das Verhalten von FAEP bei Katzen, die mit Xylazin (1mg/kg KGW) und einer nachfolgenden Ketamininjektion (10mg/kg KGW) narkotisiert wurden. Bei einer 70 und 80db überschwelligen Reizung konnten sie keine Veränderungen der Hörschwelle, der Latenzzeiten und der Amplituden feststellen.

SHEPHERD und CLARK (1985) wiesen mit der Methodik der FAEP die Ototoxizität von Neomycin nach.

Altersbedingte Auswirkungen auf periphere Hörbahnbereiche untersuchten DUM und v. WEDEL (1983) an verschiedenen Alterskollektiven beim Meerschweinchen.

Von PLESSINGER und WOODS (1986) wurde die Ableitung von AEP intra uterinam bei einem Schaffeten beschrieben.

Die Ableitungstechnik spielt eine entscheidende Rolle bei der Beurteilung der Potentialkurven. Tierversuche konnten hier als Modell herangezogen werden, um zu klären, welche Auswirkungen eine Veränderung sowohl der Stimulations- als auch der Meßparameter bewirkt (MARSH, YAMANE, POTSIC, 1984;

MAIR, LAUKLI, 1985; SONTHEIMER, CAIRD, KLINKE, 1985; FUNASAKA, ITO, 1986; SAND, 1986; TIETZE, PANTEV, 1986). Hierbei wurden u.a. der Einfluß der Reizfrequenz, der Reizdauer, der Reizintensität, des Frequenzbandes, des Filters und die Elektrodenposition überprüft.

3.4.7. Akustisch evozierte Potentiale in der Tiermedizin

In der Veterinärmedizin hat die Ableitung der akustisch evozierten Potentiale noch keine große Verbreitung erlangt. Im deutschsprachigem Raum sind bis jetzt noch keine Untersuchungen veröffentlicht worden. Der überwiegende Teil der Arbeiten, auf die zurückgegriffen werden kann, stammt aus den USA.

Der weitaus größte Anteil der Veröffentlichungen beschreibt die Ableitung von akustisch evozierten Potentialen beim Hund (KAY, PALMER, TAYLOR, 1984; SIMS, MOORE, 1984 a und b; HOLLIDAY, TE SELLE, 1985; MARSHALL, 1985 b; MYERS, REDDING, WILSON, 1985; MARSHALL, 1986; MYERS, REDDING, WILSON, 1986). Systematische Untersuchungen mit den verschiedensten Elektrodenpositionen beim Hund stammen aus der Arbeit von HOLLIDAY u. TE SELLE (1985).

KAY, PALMER, TAYLOR (1984) nahmen bei einer Gruppe von 11 Hunden Ableitungen von FAEP vor. Gemessen wurden in dieser Untersuchung die Hörschwelle und die Latenzzeiten.

MARSHALL (1985 a und b, 1986) wendete die Technik der FAEP sowohl beim Hund, als auch beim Pferd und Pony an. Er führte die Untersuchungen bei Pferden und Hunden ohne Sedation durch. Gemessen wurden dabei die Hörschwelle, die Latenzzeiten, die Amplituden und die Interpeaklatenzen. In einer Untersuchung wurde von MARSHALL (1986) der Nutzen der

FAEP bei der Diagnose der Taubheit an Hand einer Gruppe von Dalmatinerhunden überprüft. Die Methode erwies sich für diese Problemstellung als gut geeignet. MARSHALL (1986) untersuchte eine Gruppe von 18 erwachsenen und 28 sechs Wochen alten Tieren.

19 dieser Hunde zeigten an beiden Ohren normale FAEP, 16 Hunde waren einseitig und 11 Hunde beidseitig taub. Differenzen stellten MYERS, REDDING und WILSON (1985) in ihren Untersuchungen bei der Ableitung von FAEP zwischen (mit Methoxyfluran) anästhesierten und nicht anästhesierten Hunden fest. Anästhesierte Hunde wiesen für alle Peaks eine deutlich längere Latenzzeit auf.

Die mittleren akustisch evozierten Potentiale wurden bisher nur von SIMS und MOORE (1984 a) beim Hund abgeleitet. Sie erhielten dabei eine Kurve, die dem beim Menschen abgeleiteten Antwortsignal sehr ähnlich ist. Sie bezeichneten bei den erhaltenen Potentialkurven die jeweils drei positiven und negativen Potentialspitzen als Po, Pa, Pb und No, Na, Nb.

SIMS und MOORE (1984 b) untersuchten in einer weiteren Arbeit die Latenzzeiten und Amplituden der FAEP beim Hund. SIMS und HOROHOV (1986) beschrieben die Auswirkungen einer Xylazin/Ketamin-Narkose auf die FAEP bei der Katze.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse verschiedener Autoren angegeben.

Tabelle 1

Vergleich der Latenzzeiten der FAEP verschiedener Tierarten und verschiedener Autoren:

Tierart (Autor)	n	Stim db	I	II	III	IV	V	I-V
Hund (MYERS, REDDING, WILSON, 1985)	27	70	1,25	2,08	2,86		3,78	2,53
Hund (SIMS, MOORE, 1984 b)	6	80	1,28	2,09	2,90		3,85	2,57
Hund (KAY, PALMER, TAYLOR, 1984)	11	80	1,25				3,76	2,51
Hund (MARSHALL, 1985 b)	24	90	0,92	1,79	2,46	3,03	3,47	2,55
Pferd (MARSHALL, 1985 a)	10	60	1.73	3.08	3.93	4.98	6.00	
(Mensch) (HIELSCHER, 1984)		80	1.38	2.36	3.41	4.49	5.22	3.84

n = Zahl der untersuchten Tiere;

Stim. = Reizintensität über der Hörschwelle

I,II,III,IV,V = Latenzzeiten der einzelnen Peaks in msec

I-V = Interpeaklatenz zwischen Peak I und Peak V

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Material und Methoden
- 1.1. Material
- 1.1.1. Tiere
- 1.1.1.1. Tiere für den Vorversuch zur Bestimmung der Hörschwelle und der günstigsten Elektrodenposition

Diese Gruppe bestand aus zehn Hunden verschiedener Rassen, die keine Symptome einer neurologischen Erkrankung zeigten. Acht dieser Hunde waren männlich und zwei weiblich. Die Altersverteilung reichte von einem halben bis zu 14 Jahren. Die Hunde waren Eigentum der I. Medizinischen Tierklinik oder des Lehrstuhles für Pathologie der Ludwig-Maximilians-Universität München.

- 1.1.1.2. Tiere zur Bestimmung der Referenzbereiche der Latenzzeiten der FAEP

Zur Bestimmung der Referenzbereiche der Latenzzeiten der FAEP wurden bei 36 Hunden verschiedener Rassen FAEP abgeleitet. 13 Hunde waren weiblich und 23 männlich. Die Altersverteilung reichte von einem bis zu elf Jahren. Bei den Hunden handelte es sich um Patienten der I. Medizinischen Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität, München. Sie waren alle frei von neurologischen Krankheitssymptomen. Die Altersverteilung der Tiere ist in Abbildung 7 und in Tabelle 2 zu sehen.

Tabelle 2
Altersverteilung

ALTERSGRUPPEN	ZAHL DER UNTERS. HUNDE		
	WEIBLICH	MÄNNLICH	GESAMT
1 - 2	4	5	9
3 - 4	3	6	9
5 - 6	0	7	7
7 - 8	3	3	6
9 - 10	2	2	4
> 10	1	0	1
GESAMT	13	23	36

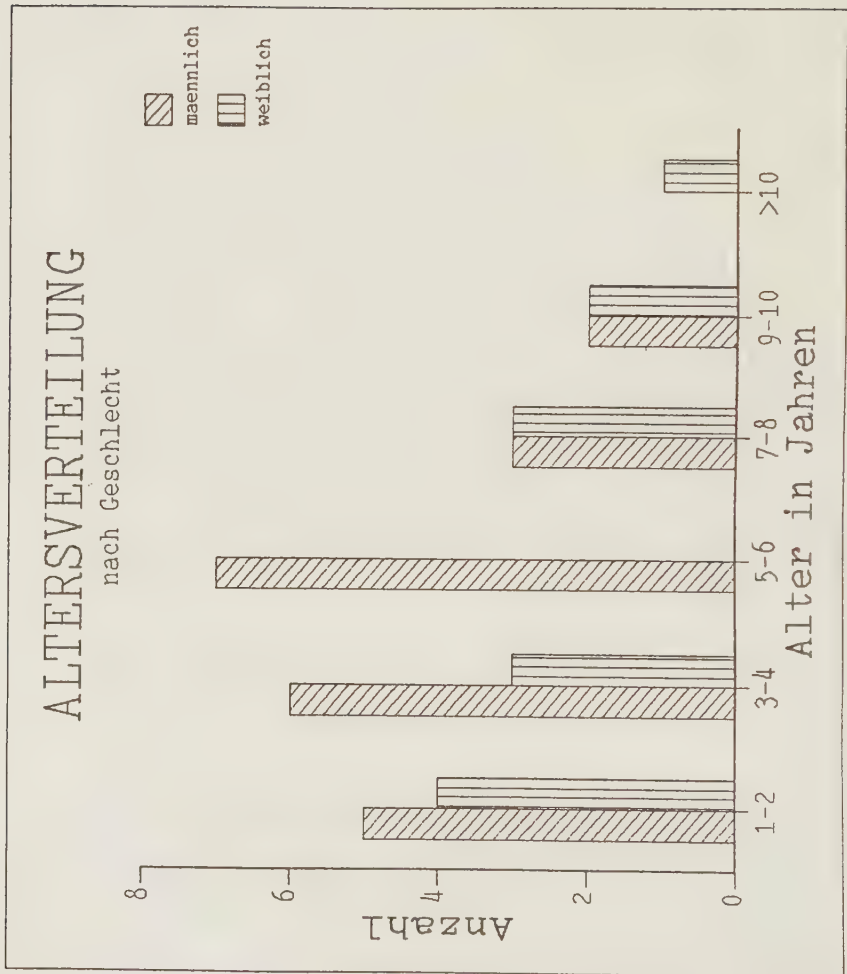


Abb. 7

Altersverteilung

1.1.1.3. Tiere zur Untersuchung der FAEP im Welpenalter

Zur Untersuchung der FAEP im Welpenalter standen zwei Dalmatinerwelpen von Geburt bis zur zehnten Lebenswoche zur Verfügung. Die beiden Rüden waren Eigentum der I. Medizinischen Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München.

1.2. Methoden

1.2.1. Versuchsprogramm

Die Versuche unterteilten sich in drei Abschnitte:

1. Die Ermittlung der Hörschwelle und einer günstigen Elektrodenposition zur Ableitung der FAEP
2. Die Ermittlung von Latenzzeiten und Interpeaklatenzen der FAEP
3. Untersuchung der FAEP im Welpenalter

Der zweite und der dritte Abschnitt bauten auf den Ergebnissen des ersten Abschnittes auf. Die Ableitungsmethode war für alle drei Versuchsabschnitte identisch.

1.2.2. Ableitungsmethode

1.2.2.1. Aufbau des Meßplatzes und Arbeitsablauf

Die Untersuchungen erfolgten in einem ruhigen, aber nicht schallisolierten Raum der I. Medizinischen Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität, München.

Für die Ableitungen wurde ein Neuromyograph der Firma DANTEC (Neuromatic 2000) verwendet.

Nach Sedation wurden die Tiere auf einem Untersuchungstisch in Brustlage gelagert. Der äußere Gehörgang wurde auf Verunreinigungen oder Obstruktionen untersucht, die die

Messung beeinträchtigen können. Bei Hunden mit Hängeohren wurden die beiden Ohrmuscheln mittels eines Klebebandes über dem Kopf fixiert.

Eine "Erdungselektrode" wurde in der dorsalen Halsregion platziert. Danach wurden die beiden Ableitungselektroden gesetzt. Die genaue Position dieser Elektroden wird bei der Besprechung der einzelnen Versuchsabschnitte angegeben. Dem Neuromyographen wurde dann eine Kennnummer des Patienten, sowie das Datum der Untersuchung eingegeben. Dann wurde die Haut-Elektroden-Impedanz gemessen. Falls dieser Wert unter fünf kOhm lag, wurde auf dem Gerät das Programm für akustisch evozierte Potentiale gewählt. Mit den Funktionstasten hatte man die Wahl zwischen einer beidohrigen Stimulation und einer einohrigen Click-Stimulation mit kontralateraler Rauschen - Maskierung. Das heißt, es wurden entweder beide Ohren gleichzeitig, oder es wurde jeweils ein Ohr stimuliert, wobei das jeweils nicht spezifisch gereizte Ohr mit einem Rauschen vertäubt wurde. In der vorliegenden Arbeit wurde die einohrige Stimulation gewählt. Mit dem Stimulator wurde die gewünschte Reizintensität eingestellt. Erst dann wurden dem Hund von einem Helfer Kopfhörer aufgesetzt. Die Kopfhörer blieben während der gesamten Messung durch den Helfer auf dem äußeren Gehörgang fixiert. Wenn sich der Hund ruhig verhielt, wurde mittels der Funktionstasten der Averager gestartet. Jeder sensorische Reiz von außerhalb kann die Messung beeinflussen. Deshalb sollte während der Messung absolute Ruhe herrschen. Das Gerät stoppte den Averager automatisch bei der im Programm eingegebenen Averagingzahl. Um zu vermeiden, daß eine zufällige EEG-Restwelle als evoziertes Potential ausgewertet wird, wurde die Messung unmittelbar danach unter gleichen Reizbedingungen wiederholt.

Da für jedes Ohr jeweils getrennt FAEP abgeleitet wurden, mußte nun eine Ableitungselektrode auf die gegenüberliegende Seite gesetzt werden und mit den Funktionstasten die entsprechende Seite zur Stimulation eingegeben werden. Der Averager konnte dann erneut gestartet werden. Sowohl das aktuell erhaltene als auch das gemittelte Signal waren auf dem Oszilloskop des Gerätes sichtbar. Mittels einer im Gerät eingebauten elektronischen Meßeinrichtung konnten die Latenzzeiten, die Interpeaklatenzen und die Amplituden des Antwortsignals ausgemessen werden. Die Meßgenauigkeit betrug 0,04 msec für die Latenzzeiten und 0,1 μ V für die Amplitude. In Abbildung 8 ist der Neuromyograph und der Bildschirm mit Meßparametern aus der Humanmedizin zu sehen.

1.2.2.2. Meßparameter

Die Ableitung der FAEP ist von vielen technischen Parametern abhängig. Die für die Messung der FAEP in der vorliegenden Arbeit wichtigsten technischen Parameter sind im Folgenden zusammengefaßt.

Stimuliert wurde mit einer Reizfolgefrequenz von 10 Hz. Der abgegebene Ton bestand aus einem Rechteckimpuls mit einer Dauer von 100 μ sec. Die Kopfhörermembran war so gepolt, daß die Schallwellen als Zugimpulse ausgelöst wurden. Dies wird "Rarefaction" genannt.

Die Elektroden wurden in der Art verschaltet, daß eine positive elektrische Aktivität am Vertex eine nach oben gerichtete Ablenkung auf dem Bildschirm ergab. Der Neuromyograph zeichnete die ersten 10 msec nach jedem Click-

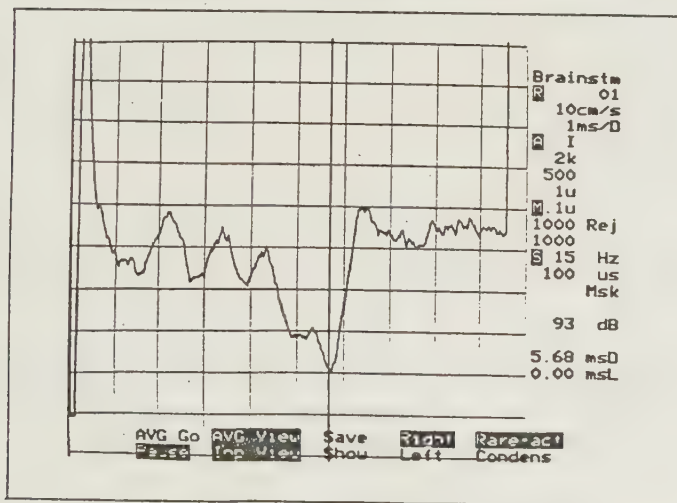
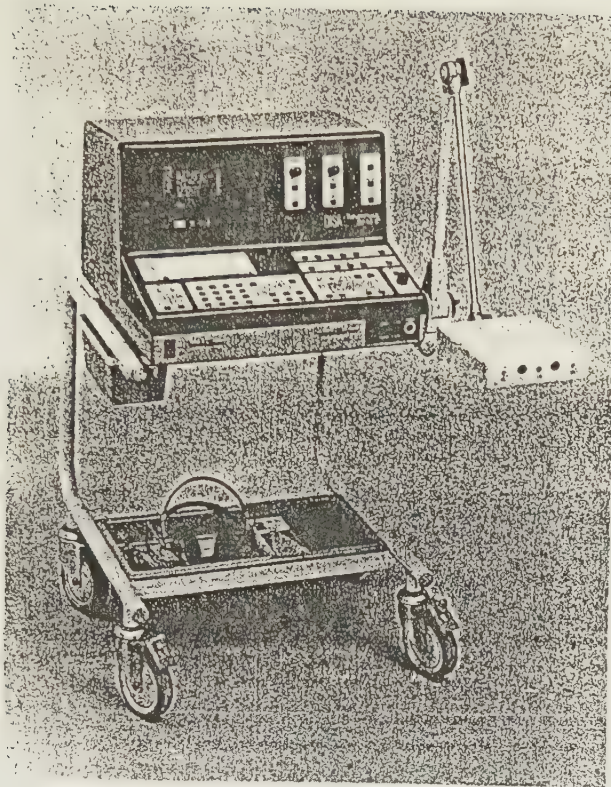


Abb. 8

Neuromyograph und Bildschirm

Geräusch auf. Die Eckfrequenzen des Filters betrugen 100 Hz (untere Eckfrequenz) und 5 kHz (obere Eckfrequenz).

Der Bildschirm war auf der x- und der y-Achse in zehn Divisionen unterteilt. Auf der x-Achse entsprach jede Division einer msec. Auf der y-Achse konnte die Empfindlichkeit eingestellt werden. Sie wurde mit zwei $\mu\text{V}/\text{Division}$ gewählt.

In der folgenden Tabelle sind die Meßparameter in der Art zusammengefaßt, wie sie auf dem Bildschirm des Gerätes aufgerufen werden können und in der vorliegenden Arbeit verwendet wurden.

Tabelle 3

R 1 Recording no	00
R 2 Paper Speed	5cm/sec
R 3 Sweep Speed	1msec/Div.
A 1 Channel	I
A 2 Upper Frequenz (Hz)	5 k
A 3 Lower Frequenz (Hz)	100
A 4 Sensitivity (V/Div)	2 μV
M 1 Average	
Auto Stop	500
S 1 Stim. Frequency	10 Hz
S 2 Stim. Duration	100 μsec
S 3 Stim. Intensity	xx

R = Schreiber
A = Verstärker
M = Mittelwertrechnung
S = Stimulation

1.2.2.3. Elektroden

Verwendet wurden bei allen Ableitungen Platinnadel-elektroden. Es ist darauf zu achten, daß diese Elektroden nicht mit Alkohol gereinigt werden, da dadurch ihre Oberfläche angegriffen wird. Zur Desinfektion müssen sie autoklaviert werden.

1.2.2.4. Dokumentation

Die bei der Ableitung entstandene Potentialkurve konnte durch einen im Gerät eingebauten Schreiber ausgedruckt werden. Auf diesem Ausdruck wurden neben der Potentialkurve zusätzlich die Kennnummer des Patienten, das Datum, die Zeiteinheit/Division, die Empfindlichkeit, die Averagingzahl (Zahl der Durchgänge), die Lautstärke und die Seitenangabe (Rechts/Links) abgedruckt.

Auf einem Untersuchungsbogen wurde das Datum, die Kliniknummer des Patienten, die Rasse, das Alter, das Geschlecht, das Gewicht, die Art der Sedation und der Befund des äußeren Gehörgangs festgehalten.

Die Latenzzeiten der einzelnen Peaks wurden mit der elektronischen Einrichtung im Gerät gemessen und ebenfalls in den Untersuchungsbogen eingetragen. In Abbildung 9 ist das Muster eines solchen Untersuchungsbogen zu sehen.

Untersuchungsbogen Nr.:

Datum:

Kliniknr:

Rasse:

Alter:

Geschlecht:

Gewicht:

Sedation:

Gehörgang:

Schädelumfang:

Sonstiges:

Zum AEP:

Empfindlichkeit:

Latenzzeiten in ms:

Peak	1	2	3	4	5	6	7
------	---	---	---	---	---	---	---

Li 1:

Li 2:

Re 1:

Re 2:

Bemerkungen:

Abb. 9

Muster eines Untersuchungsbogens.

1.2.3. Bestimmung einer günstigen Elektrodenposition

Für diese Versuche wurden die in Kapitel 1.1.1.1. erwähnten Tiere verwendet.

Zur Bestimmung einer günstigen Elektrodenposition wurden die Tiere in Narkose gelegt. Zur Prämedikation wurden Atropin (0,05 mg/kg KGW) und Thalamonal® (1,25 mg Droperidol/kg KGW + 0,025 mg Fentanylbase/kg KGW) intravenös injiziert. Für die Narkose wurde Hypnomidat® (100 mg Etomidat in 500 ml 5%iger Glucoselösung) im Dauertropf nach Wirkung eingesetzt.

Die Elektroden wurden am Vertex und in der Mastoidregion an verschiedenen Positionen plaziert.

Am Vertex wurden sie in der Medianen an drei unterschiedlichen Stellen gesetzt (siehe Abb. 10). Die einzelnen Positionen wurden mit den Großbuchstaben A, B, und C benannt. Die Position A liegt im kaudalen Anteil, die Position B in der Mitte und die Position C im kranialen Anteil des Vertex.

In der Mastoidregion wurden vier Elektrodenpositionen getestet (siehe Abb. 10). Diese wurden mit den Zahlen 1, 2, 3, und 4 bezeichnet. Position 1 befand sich in der Mastoidregion am Ohrgrund. Die Position 2 war nach kaudal, die Position 3 nach kranial und die Position 4 nach ventral verschoben.

Zu der Position B am Vertex wurden die vier Positionen in der Mastoidregion erprobt. Die drei Positionen am Vertex wurden in Verbindung mit der Position 1 in der Mastoidregion überprüft.

Eine besondere Möglichkeit der Plazierung der Ableitelektroden empfahl HOLLIDAY (1985). Dabei wurden die Ableiteelektroden in der Mitte des Vertex (Position B) und

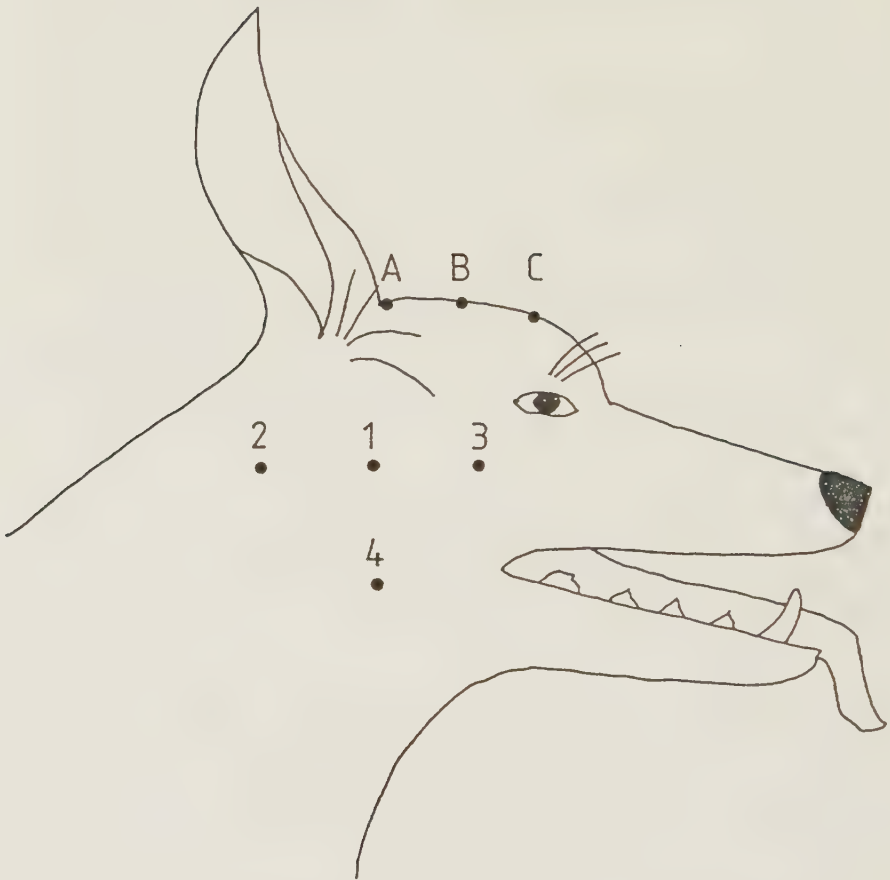


Abb. 10

Elektrodenpositionen

in der Medianen in Höhe des 3. Thorakalwirbels (wird hier als Position 5 bezeichnet) gesetzt. Auch diese Möglichkeit wurde in der vorliegenden Arbeit geprüft.

So wurden mit sieben verschiedenen Elektrodenkonfigurationen FAEP abgeleitet. Dies waren die Konfigurationen B1, B2, B3, B4, B5 sowie A1, B1, und C1.

Alle Ableitungen der FAEP wurden mit der in III.1.2.2. beschriebenen Ableitungsmethode bei einer 70 db überschwelligen Reizung vorgenommen.

1.2.4. Bestimmung der Hörschwelle

Neben der Ermittlung der günstigsten Elektrodenposition wurde auch die Hörschwelle bestimmt. Dafür wurden dieselben Tiere unter denselben Narkosebedingungen wie in Kapitel III.1.2.3. verwendet.

Die Ableitungen der FAEP wurden mit einer Elektrodenkonfiguration B1 (Kapitel III.1.2.3.) und der in III.1.2.2. beschriebenen Ableitungsmethode vorgenommen.

Um die Hörschwelle zu bestimmen, wurden FAEP bei neun verschiedenen Lautstärken abgeleitet.

Die verschiedenen Lautstärken betrugen 30db, 39db, 51db, 60db, 69db, 81db, 90db, 99db und 111db. Die ungeraden Zahlen ergaben sich aus der nur in 3db-Stufen möglichen Regulierbarkeit des Stimulators.

Die Lautstärke, bei der die erste Potentialspitze auf der Kurve erkennbar war, wurde als Hörschwelle registriert.

1.2.5. Bestimmung von Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V der FAEP

Für diese Versuchsreihe wurden die in Kapitel III.1.1.1.2. erwähnten Tiere verwendet.

Zur Bestimmung von Latenzzeiten und Interpeaklatenzen der FAEP wurden die Tiere mit Vetranquil (Azepromazin; 6,78mg/10kg KGW) sediert.

Die Ableitungen der FAEP wurden mit der Elektrodenkonfiguration B1 (Kapitel III.1.2.3.) und der in III.1.2.2. beschriebenen Ableitungsmethode vorgenommen. Die Reizintensität lag bei 99 db. (Diese Lautstärke ergibt sich aus den Ergebnissen des ersten Versuchsabschnittes. Sie wurde 60 db über der ermittelten mittleren Hörschwelle gewählt und liegt somit im Bereich der supramaximalen Reizung.)

Die FAEP wurden bei allen Tieren sowohl links als auch rechts abgeleitet.

Bei den erhaltenen Potentialkurven wurden die jeweiligen positiven Potentialspitzen mit römischen Ziffern (I bis VII) numeriert. Die Potentiallatenzen und die Latenzdifferenz I-V wurden ausgemessen und im Untersuchungsbogen dokumentiert.

1.2.6. Untersuchung der FAEP im Welpenalter

Die Welpen wurden zur Untersuchung der FAEP mit Vetranquil (Azepromazin; 6,78 mg/10 kg KGW) sediert.

Die Ableitungen der FAEP wurden mit einer Elektrodenkonfiguration B1 (Kapitel III.1.2.3.) und der in III.1.2.2. beschriebenen Ableitungsmethode vorgenommen.

Die Reizintensität lag bei 99 db.

FAEP wurden bei diesen Welpen von Geburt bis zur zehnten Lebenswoche im wöchentlichen Abstand abgeleitet.

Beobachtet wurde hier die Entwicklung der Potentialkurven im Welpenalter. Sobald Potentialspitzen identifizierbar waren, wurden die Potentiallatenzen und die Latenzdifferenzen gemessen und im Untersuchungsbogen dokumentiert.

1.2.7. Statistische Auswertung

Bei der Bestimmung der Referenzbereiche (III.1.2.5) wurde das arithmetische Mittel ($\bar{x}$) und die Standardabweichung (SD) bestimmt. Der Referenzbereich umfasst $\bar{x} \pm 2SD$.

2. Ergebnisse

2.1. Ergebnisse des Vorversuchs

2.1.1. Vor- und Nachteile der verschiedenen Elektrodenpositionen

Bei der Bestimmung einer geeigneten Elektrodenposition erwies sich eine Ableitung Mitte des Vertex gegen Mastoid am günstigsten (Position B1, Abb. 10). Diese Elektrodenposition ergab für den klinischen Einsatz Vorteile, da die einzelnen Peaks in dieser Position am besten zu identifizieren waren. Die Nachteile der anderen Positionen werden im folgenden beschrieben.

Eine Versetzung der Referenzelektrode am Vertex nach kranial (Position C1) gestattete ebenso eine gute Auswertung des Antwortpotentials. Das Signal unterschied sich in diesem Fall kaum von dem in Position B1 abgeleiteten Signal.

Das Versetzen der Referenzelektrode am Vertex nach kaudal (Position A1) erwies sich als Nachteil, da die Darstellung von Peak Nummer V unklarer wurde.

Wenn die aktive Elektrode in der Mastoidregion nach kranial (Position B3) verschoben wurde, ergab dies eine Reduzierung der Amplitude des Peaks Nummer I und somit eine schwierigere Identifizierbarkeit von Peak Nummer I.

Eine weitaus schlechtere Möglichkeit der Auswertung ergab sich bei einer Versetzung der aktiven Elektrode in der Mastoidregion nach kaudal oder nach ventral (Position B2 und B4). Hierbei waren in fast allen Fällen die ersten vier Peaks mehrgipflig. Eine exakte Identifizierung der Peaks

HÖRSCHWELLENBESTIMMUNG:

99 db

90 db

81 db

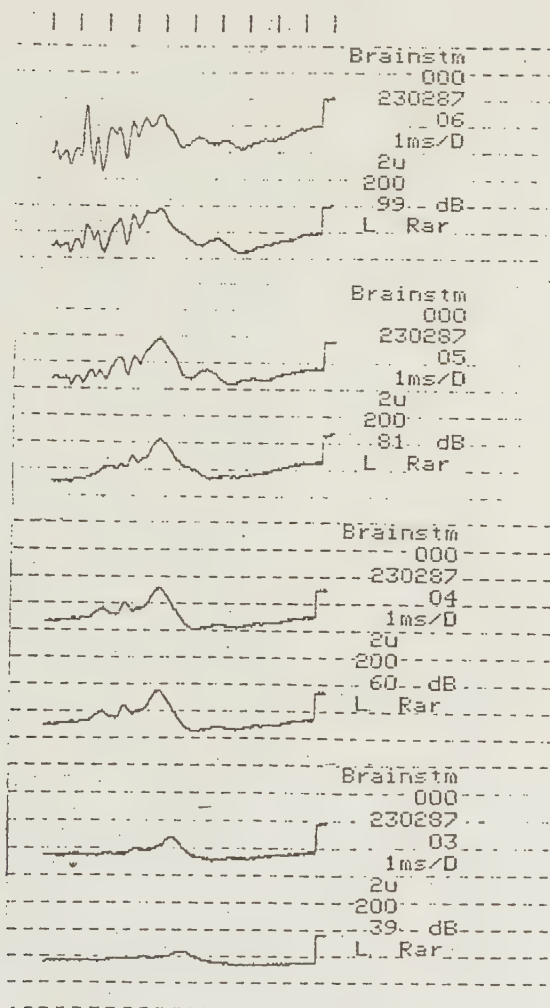
69 db

60 db

51 db

39 db

30 db



DANTEC

Msk
9020 B 1033

VERGLEICH DER ELEKTRODENPOSITIONEN:

B 5

B 4

B 3

B 2

A 1

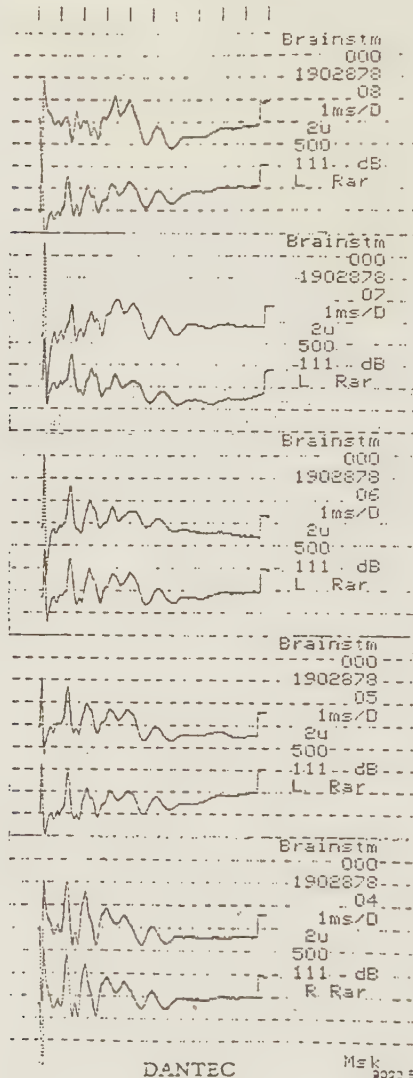
C 1

B 1

B 1

B 1

B 1



wurde dadurch sehr erschwert und in manchen Fällen unmöglich.

Die Elektrodenkonfiguration B5, bei der die Ableitungselektroden in der Mitte des Vertex und in der Medianen in Höhe des dritten und vierten Brustwirbels plaziert werden, erwies sich für die klinische Anwendung als ungeeignet, da die einzelnen Peaks immer zwei- bis mehrgipflig waren und somit die einzelnen Peaks nur äußerst schwierig anzusprechen waren. Ein weiterer Nachteil dieser Position war eine weitaus höhere Artefakthäufigkeit, die die Untersuchung unnötig verlängerte.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde im zweiten und dritten Versuchsabschnitt die Elektrodenkonfiguration B1 gewählt.

In Abbildung 12 sind die Potentialkurven der verschiedenen Elektrodenkonfigurationen miteinander verglichen.

2.1.2. Bestimmung der Hörschwelle

In Tabelle 4 sind Alter und Geschlecht der Tiere und die Hörschwelle in Dezibel angegeben. Die Werte der Hörschwelle wurden zur Berechnung der mittleren Hörschwelle herangezogen.

In Abbildung 13 sind die Hörschwellen der einzelnen Tiere miteinander verglichen.

Das arithmetische Mittel der Hörschwellenwerte ergab eine

mittlere Hörschwelle von 38 Dezibel.

Tabelle 4

Nr.	Alter*	Geschlecht**	Hörschwelle***
-----	--------	--------------	----------------

1	2	m	24
2	1	m	30
3	2	m	60
4	10	m	51
5	2	m	39
6	2	w	39
7	1	w	30
8	1	m	39
9	1	w	30

* Alter in Jahren

** m = männlich; w = weiblich;

*** Hörschwelle in Dezibel

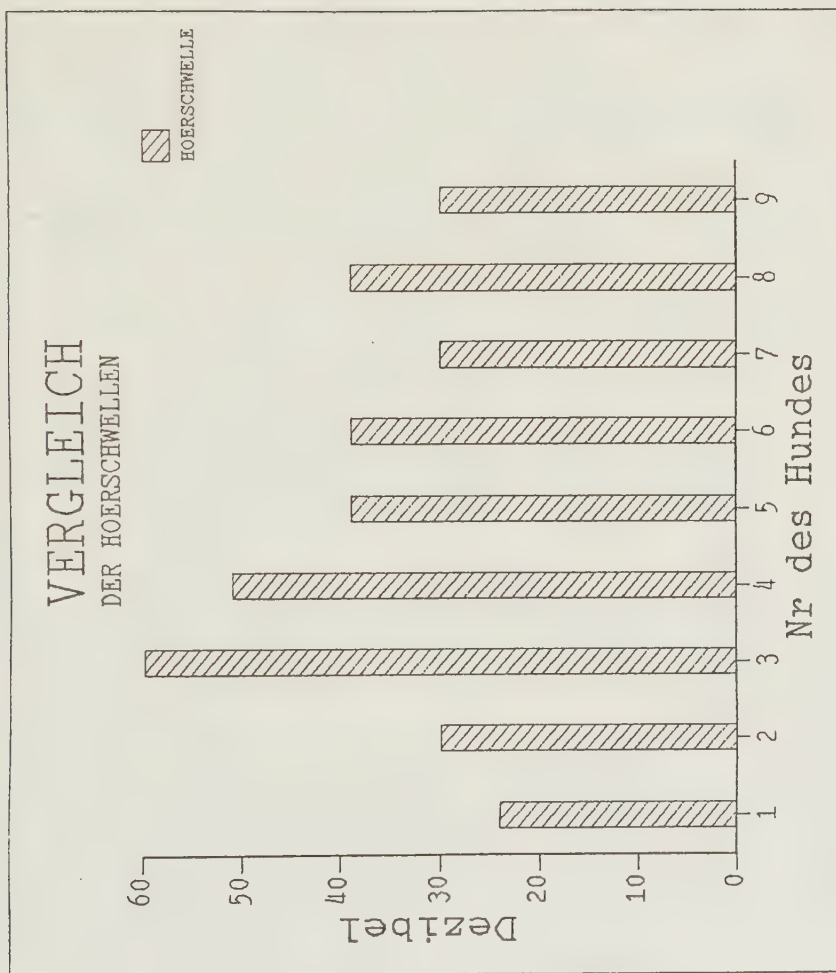


Abb. 13

Vergleich der Hörschwellen

2.2. Ergebnisse des Hauptversuchs

2.2.1. Beschreibung der Potentialkurven der FAEP

Insgesamt wurden 72 Potentialkurven abgeleitet. Sie zeigten innerhalb der ersten sieben Millisekunden nach Reizapplikation fünf bis sieben positive Spitzen. Fünf positive Spitzen hatten 14 Potentialkurven, sechs positive Spitzen 49 Potentialkurven und sieben positive Spitzen neun Potentialkurven.

Die Wellen Nummer VI und VII zeigten eine große Variabilität und sehr inkonstantes Auftreten.

Im folgenden werden die Wellen einzeln besprochen:

Peak Nummer I zeigte eine große Amplitude und war in allen Fällen gut zu identifizieren. Die Welle zeigte einen steilen Anstieg sowie einen steilen Abfall. Die Latenzzeit des Peaks Nummer I betrug 1,24 msec (mit einer Standardabweichung von $\pm 0,04$ msec).

Peak Nummer II zeigte ebenso meist eine große Amplitude. Auch diese zweite Potentialspitze zeigte einen steilen Anstieg sowie einen steilen Abfall. Die Latenzzeit des Peak Nummer II betrug 2,07 msec (mit einer Standardabweichung von $\pm 0,08$ msec).

Peak Nummer III und IV sind als gemeinsamer Komplex anzusehen. Bei 58 der 72 Ableitungen traten diese beiden Potentialspitzen getrennt auf, oder eine Potentialspitze konnte als Nebengipfel der benachbarten Welle beobachtet werden. Bei 14 der 72 untersuchten Ableitungen war eine der beiden Potentialspitzen von der benachbarten Welle überlagert oder trat nicht auf. So konnte in diesen 14 Fällen nur einer der beiden Peaks registriert werden. Die Amplitude der beiden Wellen war in den meisten Fällen

kleiner als die der vorangegangenen Wellen. Die exakte Identifizierung dieser beiden Wellen gestaltete sich in einigen wenigen Fällen als schwierig. Die Latenzzeit von Peak Nummer III betrug 2,74 msec (mit einer Standardabweichung von $\pm 0,09$ msec). Die Latenzzeit von Peak Nummer IV betrug 3,09 msec (mit einer Standardabweichung von $\pm 0,14$ msec).

Peak Nummer V wies meist eine besonders charakteristische Form auf, die durch eine stark ins Negative abfallende Rampe und eine große Amplitude geprägt war. Peak Nummer V war in allen Fällen eindeutig zu identifizieren. Die Latenzzeit von Peak Nummer V betrug 3,80 msec (mit einer Standardabweichung von $\pm 0,15$ msec).

Peak Nummer VI trat nur in zwei der 72 Ableitungen nicht auf, zeigte aber eine große Variabilität sowohl in der Form als auch in der Amplitude. Seine Wellenspitze war meist abgeflacht. Die Latenzzeit von Peak Nummer VI betrug 4,95 msec (mit einer Standardabweichung von $\pm 0,18$ msec).

Peak Nummer VII war nur bei 11 der 72 Ableitungen zu sehen und kann aufgrund seiner großen individuellen Unterschiede nicht näher charakterisiert werden. Die Latenzzeit von Peak Nummer VII betrug 6,06 msec (mit einer Standardabweichung von $\pm 0,26$ msec).

Die Interpeaklatenz I-V konnte mit großer Sicherheit bestimmt werden, da die Peaks I und V immer gut zu identifizieren waren. Diese Interpeaklatenz betrug im Mittel 2,56 msec (mit einer Standardabweichung von $\pm 0,13$ msec).

Die Interpeaklatenzen I-III und III-V konnten nicht sicher ausgewertet werden, da Peak III nicht immer als einzelne Potentialspitze auftrat.

Eine typische Potentialkurve für die FAEP beim Hund ist in der Abbildung 14 zu sehen.

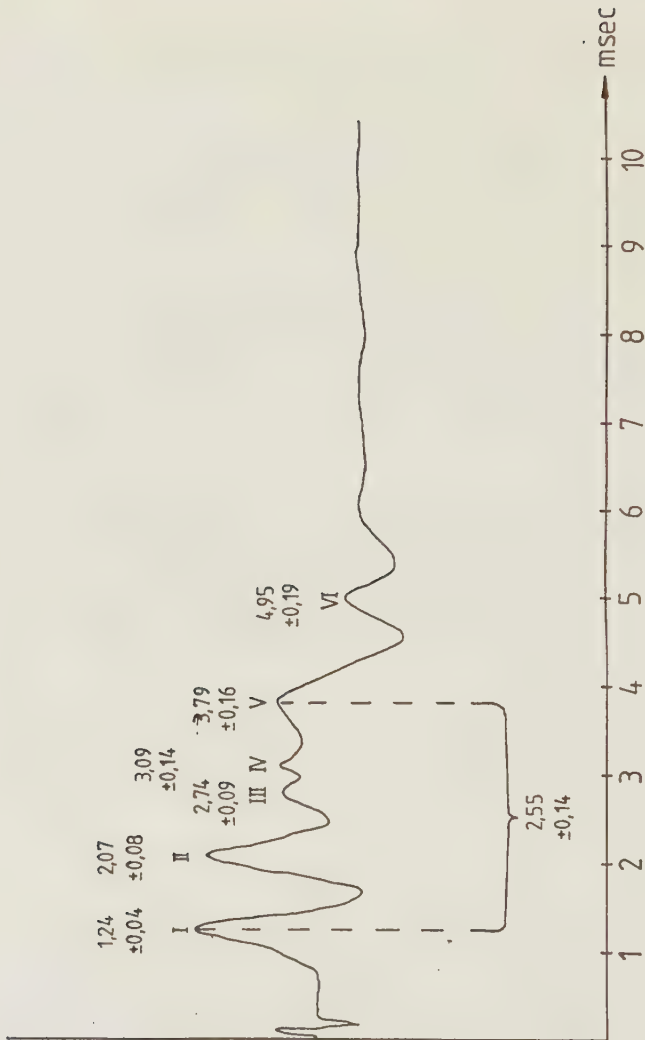


Abb. 14

Typische Potentialkurve der FAEP beim Hund
(mit Mittelwerten und Standardabweichung)

2.2.2. Bestimmung der Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V der FAEP

In Tabelle 5 sind Alter, Geschlecht und die Latenzzeiten der einzelnen Peaks, sowie die Interpeaklatenz I-V für die Ableitung der FAEP auf der jeweils linken Seite angegeben.

Tabelle 5

Nr.	A	G	I	II	III	IV	V	VI	VII	I-V
1	3	m	1,20	1,96	2,68	3,04	3,64	4,88	6,08	2,44
2	4	m	1,16	1,96	2,68	2,92	3,68	4,96	6,24	2,52
3	5	m	1,28	2,08	2,84		3,72	4,84	6,00	2,44
4	7	m	1,28	2,12		3,00	3,80	4,96	5,96	2,52
5	2	w	1,28	2,12	2,76	3,04	3,80	4,84		2,52
6	1	w	1,20	2,12	2,72	3,04	3,64	4,92		2,44
7	1	w	1,28	2,12		3,08	3,92	4,96		2,64
8	2	m	1,28	2,12	2,72	3,00	3,76	4,88		2,48
9	3	m	1,28	2,28	2,80	3,28	4,04	5,00		2,76
10	10	w	1,28	2,12	2,84	3,32	3,96	5,16		2,68
11	3	m	1,24	2,08	2,72	3,08	3,80	4,96		2,56
12	4	w	1,24	2,08	2,72	3,12	3,80	4,92		2,56
13	7	w	1,28	2,16	2,72	3,16	3,96	5,16		2,68
14	4	w	1,20	2,04		2,96	3,72	4,72		2,52
15	6	m	1,20	2,04	2,76	3,24	3,72	4,88		2,52
16	5	m	1,32	1,96		3,00	3,92	5,08		2,60
17	4	m	1,28	2,04	2,68	3,00	3,84	4,92		2,56
18	1	m	1,24	2,04	2,68	3,00	3,64	4,68		2,40
19	8	m	1,24	1,96	2,76	3,12	3,80	4,80		2,56

Fortsetzung Tabelle 5

Nr	A	G	I	II	III	IV	V	VI	VII	I-V
20	1	w	1,28	2,16		3,00	3,76	5,00		2,48
21	1	m	1,28	2,12	2,80	3,16	4,00	5,20		2,72
22	3	w	1,16	2,00	2,64	2,92	3,68	4,80		2,52
23	7	w	1,16	1,96	2,72	3,04	3,48	5,08	6,32	2,32
24	9	m	1,24	2,16	2,68	3,04	3,88	4,88		2,64
25	1	m	1,24	2,04	2,72		3,60	4,60		2,36
26	10	m	1,20	2,00	2,88	3,16	3,88	4,96		2,68
27	3	m	1,28	2,12	2,76	3,08	3,84	4,96		2,56
28	5	m	1,20	2,00	2,72	3,28	3,76	5,24		2,56
29	7	w	1,24	2,16	3,00	3,36	4,00			2,76
30	5	m	1,24	2,12	2,76	3,12	4,00	5,24		2,76
31	9	w	1,20	2,08	2,96	3,32	3,92	5,16		2,72
32	6	m	1,20	2,04	2,72	3,16	4,12	5,28		2,92
33	8	m	1,24	2,08	2,68	3,04	3,80	5,08	6,28	2,56
34	2	m	1,16	1,92	2,48	2,76	3,48	4,52		2,32
35	11	w	1,16	1,92	2,72	3,20	3,56	4,72	5,56	2,40
36	6	m	1,28	2,12	2,72	3,00	3,80	4,84		2,52

A = Alter in Jahren;

G = Geschlecht; m = männlich, w = weiblich

I, II, III, IV, V, VI, VII: = Potentiallatenzen in msec

I-V: = Latenzdifferenz zwischen Peak I und Peak V

Die Potentiallatenzen und die Latenzdifferenz sind in Millisekunden angegeben.

In Tabelle 6 sind Alter, Geschlecht, die Latenzzeiten der einzelnen Peaks sowie die Interpeaklatenz I-V der FAEP der jeweils rechten Seite angegeben.

Tabelle 6

Nr.	A	G	I	II	III	IV	V	VI	VII	I-V
1	3	m	1,24	2,00	2,72	3,04	3,60	4,88		2,36
2	4	m	1,16	1,96	2,72	2,84	3,64	4,76	6,24	2,48
3	5	m	1,24	2,08	2,76		3,64	4,72		2,40
4	7	m	1,28	2,16		2,96	3,80	5,16		2,52
5	2	w	1,28	2,08	2,80	3,04	3,80	4,88		2,52
6	1	w	1,20	2,08	2,72	3,08	3,64	4,92		2,44
7	1	w	1,28	2,16	2,72	3,24	3,80	4,92		2,52
8	2	m	1,24	2,12	2,76	3,00	3,84	5,00		2,60
9	3	m	1,28	2,32	2,80	3,24	4,04	5,00		2,76
10	10	w	1,28	2,08	2,88	3,28	3,88	5,08		2,60
11	3	m	1,24	2,08	2,72	3,08	3,80	4,96		2,56
12	4	w	1,24	2,08	2,72	3,12	3,80	4,92		2,56
13	7	w	1,28	2,12	2,88	3,16	4,00	5,04		2,72
14	4	w	1,20	2,04	2,64	3,00	3,64	4,72		2,44
15	6	m	1,20	2,00	2,68	3,20	2,68	4,76	5,80	2,48
16	5	m	1,32	2,16	2,72	3,12	3,96	5,28		2,64
17	4	m	1,24	2,00	2,64	2,96	3,76	4,96		2,52
18	1	m	1,24	2,00	2,64	3,04	3,64	4,84		2,40
19	8	m	1,24	1,96	2,76	3,12	3,80	4,80		2,56
20	1	w	1,24	2,08	2,76	3,00	3,64	4,84		2,40
21	1	m	1,32	2,16		3,04	3,92	5,04		2,60
22	3	w	1,20	2,12	2,72		3,92	5,20		2,72

Fortsetzung Tabelle 6

Nr.	A	G	I	II	III	IV	V	VI	VII	I-V
23	7	w	1,16	1,96	2,72	3,04	3,48	5,08	6,32	2,32
24	9	m	1,24	2,16	2,80	3,24	3,88			2,64
25	1	m	1,24	2,04	2,72		3,60	4,60		2,36
26	10	m	1,20	2,00	2,88	3,16	3,80	5,00		2,60
27	3	m	1,24	2,12	2,76	3,08	3,84	5,04		2,60
28	5	m	1,20	2,04	2,88		3,76	5,16		2,56
29	7	w	1,20	2,12	2,84	3,08	3,88	5,08		2,68
30	5	m	1,28	2,16	2,84	3,20	4,08	5,36		2,80
31	9	w	1,24	2,12	2,84	3,16	3,96	5,12		2,72
32	6	m	1,20	2,08	2,72	3,16	4,12	5,28		2,92
33	8	m	1,28	2,16	2,64	3,00	3,76	4,92		2,48
34	2	m	1,20	2,00	2,56	2,80	3,52	4,64		2,32
35	11	w	1,20	1,92	2,68	3,12	3,52	4,60	5,56	2,32
36	6	m	1,28	2,12		3,04	3,84	4,88		2,56

A = Alter in Jahren

G = Geschlecht; m = männlich, w = weiblich

I, II, III, IV, V, VI, VII: = Latenzzeiten der Peaks in msec

I-V = Latenzdifferenz zwischen Peak I und Peak V

Die Potentiallatenzen und die Latenzdifferenz sind in Millisekunden angegeben.

Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (SD) der
Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V der linken
Seite:

Tabelle 7

	$\bar{x}$	SD
Peak I :	1,24	0,04
Peak II :	2,07	0,08
Peak III:	2,74	0,09
Peak IV :	3,09	0,14
Peak V :	3,80	0,15
Peak VI :	4,95	0,18
Peak VII:	6,06	0,26
I - V :	2,56	0,13

I - V: = Interpeaklatenz;
x und SD sind in msec angegeben

Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen der
Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V auf der
rechten Seite:

Tabelle 8

	$\bar{x}$	SD
Peak I :	1,24	0,04
Peak II :	2,08	0,08
Peak III:	2,75	0,08
Peak IV :	3,09	0,13
Peak V :	3,79	0,16
Peak VI :	4,96	0,19
Peak VII:	5,98	0,36
I - V :	2,55	0,14

I - V : = Interpeaklatenz;

$\bar{x}$ und SD sind in msec angegeben

2.2.2.1. Seitendifferenzen

Ein Vergleich der Ergebnisse der Ableitungen der FAEP auf der rechten und der linken Seite ergab, daß bei den Potentiallatenzen I, II, III, IV, V, und VI und der Interpeaklatenz I-V keine Rechts-Links-Differenzen vorliegen. Den Unterschieden bei der Latenzzeit des Peak VII kommt wegen des sehr inkonstanten Auftretens keine Bedeutung zu.

2.2.2.2. Altersabhängigkeit

Zur Feststellung einer Altersabhängigkeit der FAEP wurden drei Alterskollektive (A,B,C) miteinander verglichen.

Gruppe A: 1, 2 und 3 Jahre alte Tiere (n = 14)

Gruppe B: 4, 5 und 6 Jahre alte Tiere (n = 11)

Gruppe C: mehr als 6 Jahre alte Tiere (n = 11)

n = Anzahl der Tiere

Aus Kapitel III.2.2.2.1. ist ersichtlich, daß keine Seitendifferenzen zu erwarten sind. Daher werden in der folgenden Tabelle 9 die verschiedenen Alterskollektive nur an Hand der Ergebnisse einer Seite (der linken Seite) verglichen.

In der folgenden Tabelle sind die Mittelwerte(x) und die Standardabweichung (SD) der Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V der verschiedenen Altersgruppen angegeben.

Tabelle 9

	Gruppe A		Gruppe B		Gruppe C	
	x	SD	x	SD	x	SD
Peak I :	1,24	0,05	1,24	0,05	1,23	0,04
Peak II :	2,09	0,09	2,04	0,05	2,06	0,09
Peak III:	2,70	0,09	2,73	0,05	2,80	0,12
Peak IV :	3,04	0,12	3,08	0,12	3,18	0,16
Peak V :	3,76	0,16	3,82	0,14	3,82	0,17
Peak VI :	4,87	0,18	4,99	0,19	5,00	0,16
I - V :	2,51	0,13	2,59	0,13	2,59	0,14

x = Mittelwert in Millisekunden;

SD= Standardabweichung

Eine Altersabhängigkeit konnte beim Vergleich der verschiedenen Alterskollektive nicht festgestellt werden. Ein Vergleich der Alterskollektive ist in Abbildung 14 zu sehen.

Tabelle 10

Vergleich der Potentiallatenzen (Mittelwerte).

VERGLEICH DER POTENTIALLATENZEN IN MS:

PEAK	I	II	III	IV	V	VI	VII	I - V
GESAMT	1,24	2,07	2,74	3,09	3,80	4,95	6,06	2,56
≤ 3 JAHRE	1,24	2,09	2,70	3,04	3,76	4,87		2,51
4-6 JAHRE	1,24	2,04	2,73	3,08	3,82	4,99		2,59
≥ 7 JAHRE	1,23	2,06	2,80	3,18	3,82	5,00		2,59
♂	1,24	2,06	2,73	3,07	3,80	4,94		2,56
♀	1,23	2,08	2,78	3,13	3,79	4,95		2,56

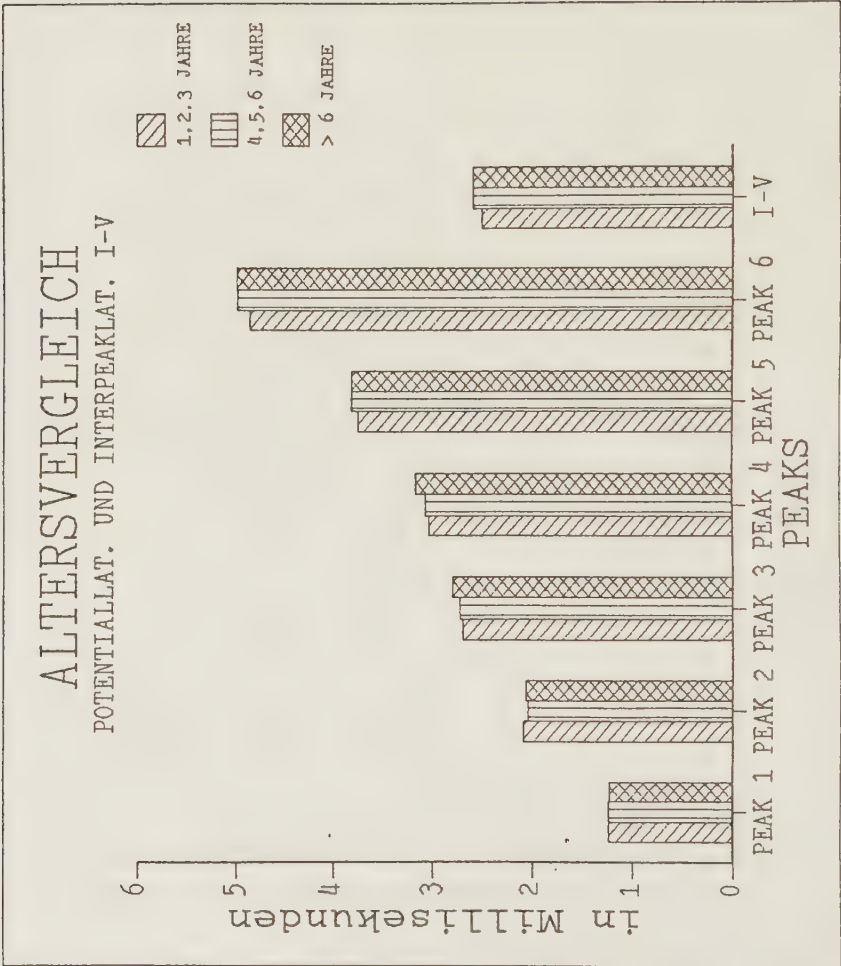


Abb. 14

Vergleich der Alterskollektive

2.2.2.3. Geschlechtsabhängigkeit

In der folgenden Tabelle 11 sind die Mittelwerte ($\bar{x}$) und die Standardabweichung (SD) der Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V von männlichen ($n = 23$) und weiblichen Tieren ($n = 13$) angegeben.

n = Anzahl der Tiere

Tabelle 11

	Männlich		Weiblich	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
Peak I :	1,24	0,04	1,23	0,05
Peak II :	2,06	0,08	2,08	0,08
Peak III:	2,73	0,08	2,78	0,12
Peak IV :	3,07	0,12	3,13	0,17
Peak V :	3,80	0,15	3,79	0,16
Peak VI :	4,94	0,19	4,95	0,16
I - V :	2,56	0,14	2,56	0,13

$\bar{x}$ = Mittelwert in Millisekunden;

SD= Standardabweichung

Eine Geschlechtsabhängigkeit der FAEP liegt aufgrund dieses Vergleichs nicht vor.

2.2.2.4. Referenzbereiche der Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V der FAEP

Rechts-Links-Differenzen, Altersabhängigkeit und Geschlechtsabhängigkeit liegen bei Ableitung der FAEP nicht vor. Daher können für die Ableitung der FAEP bei einer 60 db überschwelligen Reizung, sowohl für die linke und die rechte Seite, als auch für alle Alters- und Geschlechtsgruppen einheitliche Referenzbereiche angegeben werden.

Die Referenzbereiche ergeben sich aus $x \pm 2SD$.

Die Meßgenauigkeit betrug 0,04 Millisekunden. Daher werden die Werte jeweils auf-, bzw. abgerundet.

In Tabelle 12 sind die Referenzbereiche der Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V der FAEP bei einer 60 db überschwelligen Reizung angegeben.

In Abbildung 15 sind die Referenzbereiche graphisch dargestellt.

Tabelle 12

REFERENZBEREICHE

Peak I :	1,16	-	1,32 msec
Peak II :	1,92	-	2,24 msec
Peak III:	2,60	-	2,92 msec
Peak IV :	2,80	-	3,36 msec
Peak V :	3,48	-	4,12 msec
Peak VI :	4,60	-	5,32 msec
I - V :	2,28	-	2,84 msec

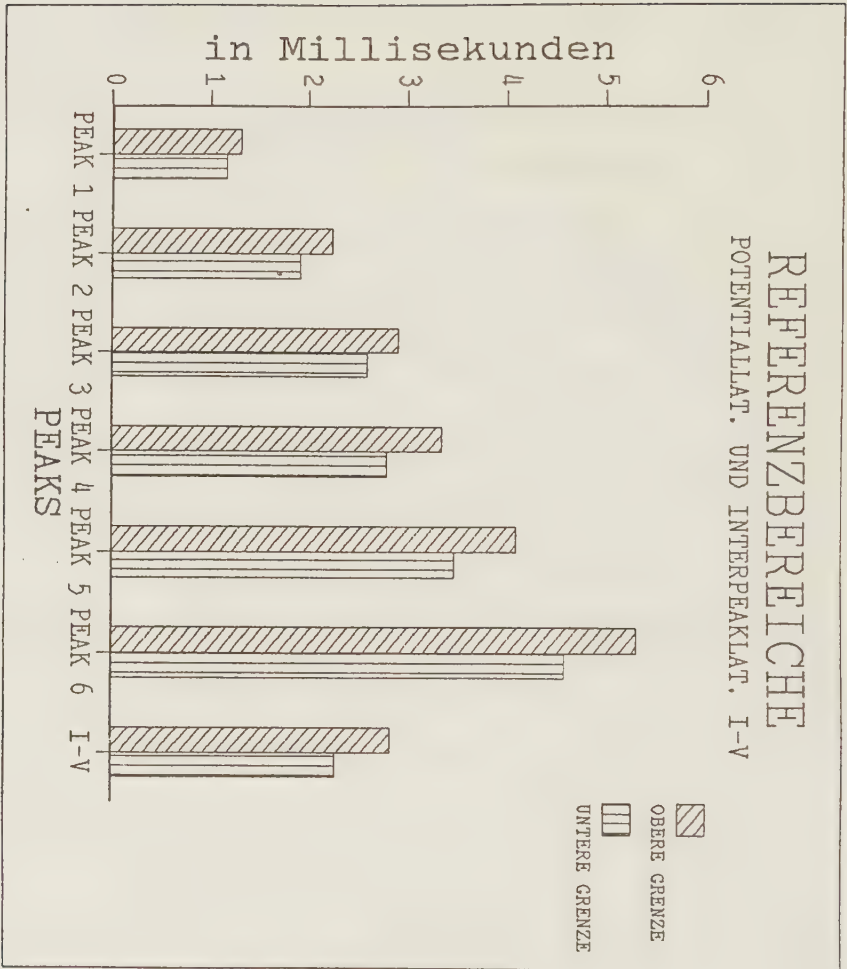


Abb. 15

Referenzbereiche der FAEP bei einer 60 db Überschwelligen Reizung

2.3. Ergebnisse der Ableitung von FAEP bei Welpen

2.3.1. Entwicklung der Potentialkurven der FAEP

FAEP konnten bei beiden Welpen ab der ersten Lebenswoche abgeleitet werden. In den ersten drei Lebenswochen konnten eindeutige Potentialspitzen nicht erkannt werden. Die Peaks waren oft mehrgipflig und konnten nicht ausgemessen werden.

Ab der vierten Lebenswoche ergaben die Ableitungen eine Potentialkurve mit sechs bis sieben Potentialspitzen. Die Latenzzeiten der einzelnen Peaks konnten ab dieser Zeit bestimmt werden.

Die Entwicklung der Potentialkurven ist in Abbildung 16 dargestellt.

2.3.2. Potentiallatenzen und Interpeaklatenz der FAEP bei Welpen

In Tabelle 13 sind die Potentiallatenzen und die Interpeaklatenz I-V der FAEP in den entsprechenden Lebenswochen angegeben.

ENTWICKLUNG DER POTENTIALKURVEN BEI WELPEN:

ALTER:

2. WOCHEN

3. WOCHEN

4. WOCHEN

5. WOCHEN

6. WOCHEN

8. WOCHEN

10. WOCHEN

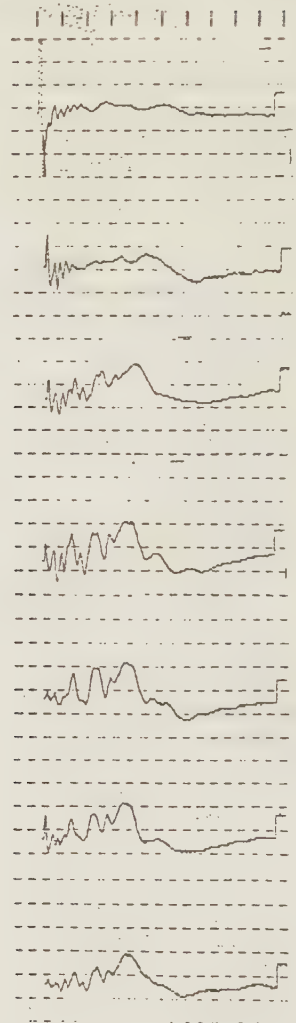


Abb. 16

Tabelle 13:

A	I	II	III	IV	V	VI	I-V
Welpen 1							
4	1,20	2,12	2,48	3,04	3,72	5,00	2,52
5	1,20	2,16	2,80	3,04	3,76	4,80	2,56
6	1,16	1,96	2,72	3,28	3,68	4,80	2,52
7	1,12	1,96	2,64	3,16	3,76	4,84	2,64
10	1,16	1,96	2,64	3,00	3,56	4,68	2,40
Welpen 2							
4	1,20	2,08	2,84		3,72	4,76	2,52
5	1,16	2,00	2,72	3,36	3,72	4,64	2,56
6	1,16	2,00	2,72	3,12	3,72	4,44	2,56
7	1,20	2,04	2,68	3,12	3,72	4,52	2,52
10	1,20	2,00	2,60	3,20	3,60	4,88	2,40

A = Alter in Wochen;

I, II, III, IV, V, VI = Potentiallatenzen in msec

I-V = Latenzdifferenz in msec

Es konnte gezeigt werden, daß ab der vierten Lebenswoche Potentialspitzen auszumessen sind.

Die Potentialkurven waren ab der vierten Lebenswoche sehr gut mit denen eines erwachsenen Tieres vergleichbar.

IV. DISKUSSION

Die Ableitung früher akustisch evozierter Potentiale hat in den letzten Jahren in der Humanmedizin immer mehr an Bedeutung gewonnen. Die Vereinfachung und Verbesserung der Ableitungssysteme machten eine breite klinische Anwendung möglich, so daß sich diese Methode in der neurologischen Diagnostik als wertvolle Untersuchungsmethode etablieren konnte.

Daher lag es nahe, die Methodik der FAEP auch in der Tiermedizin einzusetzen. Bisher stand dem sowohl ein sehr hoher apparativer als auch finanzieller Aufwand entgegen. Die immensen Fortschritte in der Entwicklung elektronischer Geräte ermöglichen nun aber auch den Einsatz in der Tiermedizin. Diese Geräte sind für eine Anwendung in der Humanmedizin konzipiert. Der Grundgedanke der vorliegenden Arbeit war es, die Möglichkeit der klinischen Anwendung dieser Geräte beim Hund zu prüfen und Referenzbereiche für die gemessenen Werte festzulegen.

Die von uns benutzte Ableitungsmethode hat sich in der Humanmedizin und der experimentellen Medizin weltweit durchgesetzt. Sie erwies sich beim Hund als gut durchführbar und wenig belastend.

Prinzipiell ist die Ableitung akustisch evozierter Potentiale beim Hund ohne Sedation möglich. SIMS und MOORE (1984 b) und MARSHALL (1985 b) beschrieben diese Möglichkeit. Jedoch kommt es bei den meisten Hunden zu

Abwehrreaktionen, die eine Untersuchung wesentlich erschweren, wenn nicht sogar verhindern können. In der vorliegenden Arbeit wurde aus diesem Grund eine Sedation mit Vetranquil (Azepromazin 6,78 mg/10kg KGW) verwendet. Diese Sedation erwies sich in allen Fällen zur Ableitung der FAEP als ausreichend.

Eine monaurale Reizung bei gleichzeitiger ipsilateraler Ableitung hatte gegenüber einer beidseitigen Beschallung den Vorteil, seitenspezifische Ergebnisse zu erhalten. Dies ist wichtig, um Aussagen für den Bereich des Hörnerven treffen zu können. Auch bei sensoneuralen Hörstörungen haben die Ableitungen bei monauraler Reizung und ipsilateraler Ableitung einen höheren Informationsgehalt.

Die Verwendung von Nadelelektroden erwies sich bei allen Ableitungen als günstig. Die Haut-Elektroden-Impedanz war in allen Fällen kleiner als fünf kOhm. Meistens lag dieser Wert bei zwei kOhm. Eine Verwendung von Oberflächenelektroden (Klebeelektroden) ist wegen des Haarkleides nicht zu empfehlen.

HOLLIDAY und TE SELLE (1985) untersuchten verschiedenste Elektrodenpositionen zur Ableitung der FAEP beim Hund. Sie empfahlen, die Ableiteelektroden in der Mitte des Vertex und in der Medianen in Höhe des 3. - 4. Brustwirbels einzusetzen. Diese Elektrodenpositionen wurden in der vorliegenden Arbeit in einem Vorversuch erprobt. Die Vorteile dieser Position konnten durch die Untersuchungen nicht bestätigt werden. In dieser Elektrodenkonfiguration abgeleitete Potentialkurven ergaben meist unklare Potentialspitzen, die sehr schwierig auszuwerten waren. Dies wird von einem anderen Untersucher (HALLIDAY, 1982) damit erklärt, daß sich bei dieser Elektrodenposition weitaus mehr störende elektrische Einflüsse (z.B. durch die elektrischen

Aktivitäten des Herzens) auf das Antwortsignal auswirken können.

In der vorliegenden Arbeit erwies es sich am günstigsten, wenn die Ableiteelektroden in der Mitte des Vertex und in der Mastoidregion platziert wurden. Auch in der Humanmedizin werden diese Elektrodenpositionen verwendet. Etwaige Abweichungen von diesen Positionen wirkten sich unterschiedlich aus. Wenn die Referenzelektrode am Vertex nach kranial oder kaudal verschoben wurde, waren die Veränderungen des Antwortpotentials geringfügig. Die größten Veränderungen des Antwortsignals ergaben sich, wenn die Position der aktiven Elektrode nach kaudal oder nach ventral von der Position in der Mastoidregion abwich. So sollte in der Mastoidregion auf eine exakte Position der Elektrode geachtet werden, während die exakte Platzierung der Elektrode in der Mitte des Vertex von wenig entscheidender Bedeutung für die Qualität des Antwortsignals ist.

Um gut vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, ist es wichtig, sich immer derselben Elektrodenposition zu bedienen.

In älterer Literatur sind Potentialkurven zu sehen, bei denen die einzelnen Potentialspitzen nach unten gerichtet sind. Mittlerweile aber haben sich die meisten Autoren darauf geeinigt, daß eine positive elektrische Aktivität am Vertex eine nach oben gerichtete Auslenkung des Kathodenstrahls bewirkt. Das heißt, die Potentialspitzen sind nach oben gerichtet. Auch in der vorliegenden Arbeit wurde dies so gehandhabt.

Für die Mittelwertrechnung (Averaging) wurden 500 Reizantworten aufsummiert. Eine Erhöhung dieser Zahl ergab keine Verbesserung der Qualität der Antwortsignale.

Die frühen akustisch evozierten Potentiale werden bei einer supramaximalen Lautstärke abgeleitet, die 60 - 70 db über der Hörschwelle liegt. In der vorliegenden Arbeit wurde diese Bedingung in der Art erfüllt, daß im ersten Versuchsabschnitt eine mittlere Hörschwelle für den Hund ermittelt wurde. Für den zweiten Versuchsabschnitt wurde dann die Reizintensität 60 db über diesem Mittelwert gewählt. Diese Methode hatte den Vorteil, daß die beim Tier sehr zeitaufwendige Hörschwellenbestimmung beim einzelnen Individuum entfällt. Es soll aber darauf hingewiesen werden, daß im Einzelfall eine starke Erhöhung der Hörschwelle auftreten kann. Dies betrifft vor allem Patienten höheren Alters. DUM und v. WEDEL (1983) stellten beim Meerschweinchen eine Erhöhung der Hörschwelle beim älteren Tier fest. So wird es von Vorteil sein, bei alten Patienten vor Bestimmung der Latenzzeiten eine Bestimmung der Hörschwelle durchzuführen. Die Reizintensität kann dann so hoch gewählt werden, daß die Ableitungen im Bereich der supramaximalen Lautstärke durchgeführt werden.

Die abgeleiteten Potentialkurven zeigten meist eine charakteristische Form. Es konnten, wie beim Antwortsignal des Menschen, fünf bis sieben positive Potentialspitzen nachgewiesen werden.

Sehr konstant in ihrem Auftreten waren die Potentialspitzen I, II und V. Ihre Form war meist sehr charakteristisch. Ein Ausbleiben einer oder mehrerer dieser Potentialspitzen kann deutliche Hinweise auf Störungen in der Hörbahn geben. Die Peaks III und IV traten nicht bei allen Ableitungen getrennt auf. Eine Veränderung oder ein Fehlen einer dieser beiden Spitzen muß nicht als pathologisch angesehen werden. Sehr inkonstant in ihrem Auftreten oder sehr variabel in ihrer Form waren die sechste und siebte Potentialspitze. Aus

diesem Grund scheint ihnen keine diagnostische Bedeutung zuzukommen.

Eine Potentiallatenz, die mehr als das Doppelte der Standardabweichung vom Mittelwert abweicht, wird in der Humanmedizin als pathologisch angesehen (MAURER, LEITNER, SCHÄFER, 1982). In der vorliegenden Arbeit wurde bei Erstellung der Referenzbereiche der Potentiallatenzen der FAEP von derselben Überlegung ausgegangen.

Statistisch ließen sich keine Seitendifferenzen der Potentiallatenzen und der Interpeaklatenz I-V feststellen. Auch beim einzelnen Individuum waren die Seitendifferenzen sehr gering. So müssen größere Differenzen zwischen der rechten und der linken Seite als pathologisch angesehen werden.

Die Betrachtung verschiedener Alterskollektive (mit Ausnahme von Welpen bis zu einem halben Jahr) hat gezeigt, daß der Einfluß des Alters auf die Potentiallatenzen und die Interpeaklatenz zu vernachlässigen ist. Um einen Einfluß des Alters auf die Hörschwelle festzustellen, war die Anzahl der Tiere bei der Bestimmung der Hörschwelle zu gering.

Prinzipiell ist die Ableitung von FAEP vom ersten Lebenstag an möglich. Potentialkurven mit ausmeßbaren Potentialspitzen konnten in den vorliegenden Untersuchungen erst ab der vierten Lebenswoche beobachtet werden. Da nur zwei Welpen untersucht wurden, muß diese Zeitangabe erst durch weitere Untersuchungen bestätigt werden.

Die Latenzzeiten der einzelnen Potentialspitzen sind von mehreren technischen Faktoren, wie zum Beispiel

Tabelle 14

LATENZZEITEN IN msec: VERGLEICH MEHRERER AUTOREN

PEAK	I	II	III	IV	V	VI	VII	I - V
MYERS	1,25	2,08	2,86		3,78	5,02	5,91	2,53
SIMS	1,28	2,09	2,90		3,85	5,08		2,57
KAY	1,25				3,76			2,51
MARSHALL	0,92	1,79	2,46	3,03	3,47	4,86		2,55
EIGENE WERTE	1,24	2,07	2,74	3,09	3,79	4,95	6,03	2,55
HUMANMED.	1,56	2,73	3,83	5,03	5,76	7,29	8,95	4,20

Reizintensität und verschiedenen Meßparametern abhängig. Demgegenüber zeigte sich die Interpeaklatenz gegenüber solchen Einflüssen deutlich unempfindlicher, so daß dieser Wert von großer Bedeutung für die Entscheidung ist, ob ein pathologischer Befund vorliegt oder nicht.

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit den Ergebnissen anderer Autoren, die ebenfalls akustisch evozierete Potentiale bei Hunden abgeleitet haben, sowie mit Werten aus der Humanmedizin verglichen.

Bei der Interpeaklatenz I-V, die am wenigsten von der Methodik abhängig ist, zeigte sich mit allen Autoren aus dem Bereich der Veterinärmedizin (KAY, PALMER, TAYLOR, 1984; SIMS, MOORE, 1984 b; MARSHALL, 1985 b; MYERS, REDDING, WILSON, 1985) beste Übereinstimmung.

Bei den Potentiallatenzen I, II und V zeigte sich gute Übereinstimmung mit KAY, PALMER, TAYLOR (1984), SIMS, MOORE (1984 b) und MYERS, REDDING, WILSON (1985), obwohl die Methodik nicht bei allen Autoren einheitlich war.

Unterschiedliche Ansichten bestehen darin, wie der Komplex der Potentialspitzen III und IV einzuordnen ist.

MYERS, REDDING, WILSON (1985) beschreiben einen Komplex, der aus den Potentialspitzen IV und V besteht und verzichten darauf, Peak IV als einzelnen Peak zu registrieren.

Dieselben Beobachtungen wie in der vorliegenden Arbeit machten SIMS und MOORE (1984 b) beim Komplex der Potentialspitzen III und IV. Auch in ihren Untersuchungen traten einerseits die Peaks III und IV getrennt auf, andererseits wurde aber auch Peak IV von Peak III verdeckt. SIMS und MOORE (1984 b) analysierten nur Peak III und nahmen keine Messungen von Peak IV vor.

KAY, PALMER, TAYLOR (1984) berichteten von einem Antwortsignal mit vier Peaks. Trotzdem sind die Ergebnisse von KAY, PALMER, TAYLOR (1984) mit den in der vorliegenden Arbeit ermittelten Werten vergleichbar. Im Bereich von Peak III und IV der vorliegenden Untersuchungen beobachteten KAY, PALMER, TAYLOR (1984) nur eine Potentialspitze. Daher wurde die von uns mit Peak V bezeichnete Potentialspitze in den Untersuchungen von KAY, PALMER, TAYLOR (1984) zur vierten Potentialspitze. KAY, PALMER, TAYLOR (1984) registrierten nur die Potentiallatenzen der Peaks I und IV (= Peak V der vorliegenden Untersuchungen) und deren Interpeaklatenz. MARSHALL (1985 b) beobachtete bei seinen Potentialkurven ebenso wie in der vorliegenden Arbeit sechs bis sieben Potentialspitzen. Die Potentiallatenzen aber waren für alle Potentialspitzen deutlich kürzer, als in den vorliegenden Untersuchungen. Die Interpeaklatenz dagegen entsprach genau dem vorliegenden Wert. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß die Werte aus der Arbeit von MARSHALL (1985 b) mit einer Reizintensität, die 90 db über der Hörschwelle liegt, abgeleitet wurden.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß bis auf die unterschiedliche Betrachtung des Komplexes der Peaks III und IV die Ergebnisse der verschiedenen Autoren gut vergleichbar sind. Da aber zur Zeit noch keine Standardisierung der Ableitungssysteme vorliegt und die Potentialkurven doch stark von methodischen sowie biologischen Parametern abhängig sind, empfiehlt es sich, mit dem verwendeten Gerät an Hand einiger Patienten eigene Referenzbereiche festzustellen.

Schon DARWIN beschrieb 1868 das Auftreten von Taubheit bei weißen Perserkatzen mit blauen Augen.

Auch bei bestimmten Hunderassen, wie Dalmatinern, Collies, Doggen und Bullterrier wird heute häufig eine einseitig oder beidseitig bestehende Taubheit beobachtet.

Die Taubheit wird bei diesen Tieren rezessiv vererbt.

Histopathologisch ist bei dieser Form der Taubheit eine fehlende Ausbildung der Haarzellen im Kortischen Organ sowie eine mangelhafte Ausbildung der Nervenfasern und Ganglien im Bereich der Hörbahn festzustellen (HUDSON und RUBEN, 1962).

Bis jetzt stellte es den Untersucher häufig vor große Schwierigkeiten, besonders im Welpenalter eine objektive Aussage darüber zu treffen, ob ein Tier taub ist oder nicht.

Eine einseitige Taubheit kann mit konservativen Untersuchungsmethoden oft gar nicht festgestellt werden. Mit der Technik der akustisch evozierten Potentiale aber gibt es jetzt die Möglichkeit, eine weitaus genauere Aussage über das Hörvermögen dieser Tiere zu treffen. MARSHALL (1986) hat die Methodik der FAEP bereits bei einer Gruppe von Dalmatinerhunden angewendet. In dieser Arbeit erwies sich die Methode als bestens geeignet, Taubheit festzustellen. Die Zukunft wird zeigen, wie sich diese Untersuchungsmethode bewährt und ob bei einer Zusammenarbeit mit den Züchtern und ihren Verbänden ein Fortschritt bei der Eliminierung der rezessiv vererbten Taubheit erzielt werden kann.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten bestehen in der Diagnostik der Schwerhörigkeit. Inwieweit die Bestimmung der Hörschwelle ein Maß für die Schwerhörigkeit darstellen kann, muß weiteren Untersuchungen überlassen bleiben.

Welche Bedeutung der Methodik der FAEP bei der Gehirntumordiagnostik sowie bei der Diagnostik anderer

raumfordernder Prozesse zukommen wird, muß die Zukunft an Hand von Fallstudien zeigen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Methodik der frühen akustisch evozierten Potentiale (FAEP) sollte beim Hund an einem größeren Patientenkollektiv angewendet werden. Es wurden nur Hunde untersucht, die frei von neurologischen Krankheitssymptomen waren.

Die Versuche unterteilten sich in drei Abschnitte.

1. Bei einer Gruppe von zehn Hunden wurden die Hörschwelle und eine günstige Elektrodenposition ermittelt.
2. Durch die Ableitungen von FAEP bei einer Gruppe von 36 Hunden konnten Referenzbereiche für die FAEP festgelegt werden.
3. Die Entwicklung der Potentialkurven im Welpenalter konnte bei zwei Welpen, die von Geburt bis zur zehnten Lebenswoche untersucht wurden, dargestellt werden.

Im ersten Versuchsabschnitt ergab sich eine mittlere Hörschwelle von 38 Dezibel.

Die Position der Ableiteelektroden in der Mitte des Vertex und in der Mastoidregion erwies sich als am günstigsten.

Bei den Ableitungen im zweiten Versuchsabschnitt konnten Potentialkurven mit fünf bis sieben Spitzen beobachtet werden. Die Auswertung dieser Kurven ergab für die Potentiallatenzen und die Interpeaklatenz (bei einer 60 db überschwelligen Reizung) folgende Referenzbereiche:
Peak I: 1,16 - 1,32 msec; Peak II: 1,92 - 2,24 msec;

Peak III: 2,60 - 2,92 msec; Peak IV: 2,80 - 3,36 msec;

Peak V: 3,48 - 4,12 msec; Peak VI: 4,60 - 5,32 msec.

Interpeaklatenz I-V: 2,28 - 2,84 msec.

Im dritten Versuchsabschnitt konnte nachgewiesen werden, daß beim Welpen von Geburt an FAEP abgeleitet werden können. Ab der vierten Lebenswoche der Welpen konnten auch Potentiallatenzen der einzelnen Peaks ausgemessen werden.

Die Ableitungsmethode erwies sich beim Hund als gut anwendbar und für die Tiere als wenig belastend.

SUMMARY

Brainstem auditory evoked potentials

Reference values and clinical applicability in the dog

The brainstem auditory evoked potential (BAEP) technique was to be tested on a large group of dogs. Only dogs free of neurological symptoms were tested.

The investigation was divided into three parts.

1. In a group of ten dogs the hearing threshold and the most favorable electrode position were determined.
2. The BAEPs were registered in a group of 36 dogs in order to establish the standard reference range for the BAEP.
3. The development of BAEPs was followed in two puppies, which were tested from birth till ten weeks of age.

In the first part of the investigation the average hearing threshold was determined to be 38 decibels.

The optimal electrode positions were in the middle of the vertex and in the mastoid region.

Five to seven different peaks were observed in the curves plotted from the data gathered in the second part of the investigation. The analysis of these data established the

following standard reference ranges for potential and interpeak latencies (with a 60 db over threshold stimulus).

Peak I: 1.16 - 1.32 msec; peak II: 1.92 - 2.24 msec;
peak III: 2.60 - 2.92 msec; peak IV: 2.80 - 3.36 msec;
peak V: 3.48 - 4.12 msec; peak VI: 4.60 - 5.32 msec.
Interpeak latency I-V: 2.28 - 2.84 msec.

In the third phase of the investigation it was shown, that BAEPs could be derived immediately after birth. From the age of four weeks on, it was possible to measure the potential latencies of the various peaks.

The testing technique was found to be feasible for use in the dog and did not present an undue stress for the animal.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- ACHOR L.J., STARR A.: Auditory brainstem responses in the cat. I. Intracranial and extracranial recordings. II. Effects of lesions. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 48, 174-190 (1980)
- ASHVAL S., STADDON T., GELLER M., LONGO L.D.: Brainstem auditory evoked responses in the newborn lamb. *Biol. Neonate* 45, 58-68 (1984)
- BLICKFORD R.G., JACOBSEN J.L., CODY D.T.R.: Nature of average evoked potentials to sound and other stimuli in man. *Ann. Ny. Acad. Sci.* 112, 204-223 (1964)
- BUCHWALD J.S., HUANG C.M.: Far-field acoustic responses: Origins in the cat. *Science* 189, 382-384 (1975)
- CAUSMAECKER L.de: Prinzip der digitalen Signal-Mittelwertbildung (Signal Averaging) und Ableitetechnik. In JÖRG J., HIELSCHER H. (Hrsg) *Evozierte Potentiale (VEP, SEP, AEP) in Klinik und Praxis.* Springer Verlag. Berlin, 16-28 (1984)

CHIAPPA K.H.: Brainstem auditory evoked potentials in clinical neurology. In COURJON J. MAUGUIERE F., REVOL M. (eds) Clinical applications of evoked potentials in Neurology. Raven, New York, 157-158 (1982)

CHURCH M.W., WILLIAMS H.L., HOLLOWAY J.A.: Brainstem auditory evoked responses in the rat: Effects of gender, stimulus characteristics and ethanol sedation. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 59, 328-339 (1984)

DARWIN C.R.: The variation of animals and plants under domestication. (1868)

DOYLE W.J., SAAD M.M., FRIA T.J.: Maturation of the auditory brainstem response in rhesus monkeys. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 56, 210-223 (1983)

DUM N., v. WEDEL H.: Langzeituntersuchung altersbedingter Veränderungen der Hirnstammpotentiale beim Meerschweinchen. Laryngol. Rhinol. Otol. 62, 378-382 (1983)

EYSEL U.: Physiologische Grundlagen evozierter Potentiale. In JÖRG J., HIELSCHER H. (Hrsg): Evozierte Potentiale (VEP, SEP, AEP) in Klinik und Praxis. Springer Verlag, Berlin, 1-14, (1984)

FEBLOT P., UZIEL A.: Detection of acoustic neuromas with brainstem auditory evoked potentials: Comparison between cochlear and retrocochlear abnormalities. In: COURJON I., MAUGUIERE F., REVOL M. (eds): Clinical applications of evoked potentials in Neurology. Raven, New York, 169-176, (1982)

FUNAI H., FUNASAKA S.: Experimental study on the effect of inferior colliculus lesions upon auditory brain stem response. Audiology, 22, 9-19 (1983)

FUNASAKA S., ITO S.: Stimulus duration and waves of auditory brainstem response. Audiology, 25, 176-183 (1986).

GOLD S., CAHANI M., SOHMER H.: Effects of body temperature elevation on auditory nerve-brainstem evoked responses and EEGs in rats. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 60, 146-153 (1985)

HALLIDAY A.M.: Evoked potentials in clinical testing. Churchill, Livingstone, Edinburgh 52-366 (1982)

HIELSCHER H.: Frühe akustisch evozierte Potentiale (FAEP) in der Diagnostik neurologischer Krankheitsbilder. In: JÖRG J., HIELSCHER H. (Hrsg): Evozierte Potentiale (VEP, SEP, AEP) in Klinik und Praxis. Springer Verlag, Berlin, 70-91, (1984)

HILL M.W., HEAVENS R.P., BALDWIN B.A.: Auditory evoked potentials recorded from conscious sheep Brain Res.Bull. 15, 453-458 (1985)

HOLLIDAY T.A., TE SELLE M.E.: Brainstem auditory evoked potentials of dogs: wave forms and effects of recording electrode positions. Am. J. Vet. Res., 46, 845-851 (1985)

HUDSON W.R., RUBEN R.J.: Hereditary deafness in the Dalmation dog. Archives of Otolaryngology, 75, 213-219, (1962)

JEWETT D.L., WILLISTON J.S.: Auditory evoked far fields averaged from the scalp of humans. Brain 94, 681-696 (1971)

JÖRG J., HIELSCHER H.: Evozierte Potentiale in Klinik und Praxis. Springer Verlag. Berlin (1984)

KAY R., PALMER A.C., TAYLOR P.M.: Hearing in the dog as assessed by auditory evoked potentials. Vet. Rec. 114 (4), 81-84 (1984)

KRAUS N., SMITH D.T., REED N.L.: Auditory brainstem and middle latency responses in non-human primates. Hear. Res., 17, 219-226 (1985)

- LEGATT A.D., AREZZO J.C., VAUGHAN H.G. jr.:
Short-latency auditory evoked potentials in the
monkey. I. Wave shape and surface topography
II. Intracranial generators.
Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 64,
53-73 (1986)
- MAIR I.W., LAUKLI E.: Frequency specificity of
the auditory brainstem responses in the cat.
Acta Otolaryngol., 92, 377-383 (1985)
- MARSH R.R., FREWEN T.C., SUTTON L.N.: Resistance
of the auditory brainstem response to high
barbiturate levels.
Otolaryngol. Head Neck Surg., 92, 685-688
(1984)
- MARSH R.R., YAMANE H., POTSIC W.P.: Auditory
brainstem response and temperature: relation-
ship in the guinea pig.
Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 57,
289-293 (1984)
- MARSHALL A.E.: Brainstem auditory evoked
response in the nonanesthetized horse and pony.
Am. J. Vet. Res., 46, 1445-1450 (1985 a)
- MARSHALL A.E.: Brainstem auditory evoked
response of the nonanesthetized dog.
Am. J. Vet. Res., 46, 966-973 (1985 b)

MARSHALL A.E.: Use of brainstem auditory evoked response to evaluate deafness in a group of Dalmatian dogs.

J. Am. Vet. Med. Assoc., 188, 718-722 (1986)

MAURER K., LEITNER H., SCHÄFER E.: Akustisch evozierte Potentiale(AEP). Methode und klinische Anwendung.

Enke, Stuttgart, (1982)

MAURER K., LOWITZSCH.K.: Brainstem auditory evoked potentials in reclassification of 143 MS patients. In: Courjon J., Mauguiere F., Revol M. (eds). Clinical applications of evoked potentials in Neurology.

Raven, New York, (1982)

MOLLER A.R., BURGESS J.: Neural generators of the brain-stem auditory evoked potential (BAEPs) in the rhesus monkey.

Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 65, 361-372 (1986)

MORERA C., HERRERA M.: Experimental contribution to the origin of brainstem potentials.

Acta Otorhinolaryngol. Belg., 38, 401-409 (1984)

MYERS L.J., REDDING R.W., WILSON S.: Reference values of the brainstem auditory evoked response of methoxyflurane anesthetized and unanesthetized dogs.

Vet. Res. Commun., 2, 289-294 (1985)

MYERS L.J., REDDING R.W., WILSON S.: Abnormalities of the brainstem auditory response of the dog with equilibrium deficit and seizure.
Vet. Res. Commun., 10, 73-78 (1986)

PLESSINGER M.A., WOODS J.R.: Fetal auditory brainstem response: external and intrauterine auditory stimulation.
Am. J. Physiol., 250, 137-141 (1986)

SAMRA S.K., KRUTAK-KROL H.: Scopolamine, morphine and brainstem auditory evoked potentials in awake monkeys.
Anesthesiology, 62, 437-441 (1985)

SAND T.: BAEP subcomponents and wave form-relation to click phase and stimulus rate.
Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 65, 72-80 (1986)

SHAPIRO S.M., MOLLER A.R., SHIU G.K.: Brainstem auditory evoked potentials in rats with high-dose pentobarbital.
Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 58, 266-276 (1984).

SHAW N.A.: The effect of pentobarbital on the auditory evoked response in the brainstem of the rat.
Neuropharmacology, 25, 63-69 (1986).

SHEPHERD R.K., CLARK G.M.: Progressive oto-
toxicity of neomycin monitored using derived
brainstem response audiometry.
Hear. Res., 18, 105-110 (1985).

SIMS M.H., HOROHOV J.E.: Effects of xylazine and
ketamine on the acoustic reflex and brainstem
auditory evoked response in the cat.
Am. J. Vet. Res., 47, 102-109 (1986)

SIMS M.H., MOORE R.E.: Auditory evoked response
in the clinically normal dog: middle latency
components.
Am. J. Vet. Res., 45, 2028-2033 (1984 a)

SIMS M.H., MOORE R.E.: Auditory evoked response
in the clinically normal dog: early latency
components.
Am. J. Vet. Res., 45, 2019-2027 (1984 b)

SONTHEIMER D., CAIRD D., KLINKE R.: Intra- and
extracranially recorded auditory evoked poten-
tials in the cat. II. Effects of interaural
time and intensity differences.
Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 61,
539-547 (1985).

STARR A., ACHOR J.: Auditory brainstem
responses in neurological disease.
Arch. Neurol., 32, 761-768 (1975)

STARR A., HAMILTON A.E.: Correlation between confirmed sites of neurological lesions and abnormalities of far-field auditory brainstem responses.

Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 41, 595-608 (1976)

STOCKARD J.J., SHARBROUGH F.W.: Unique contributions of short-latency auditory and somatosensory evoked potentials to neurologic diagnosis. In: DESMEDT J.E. (eds): Clinical uses of cerebral, brainstem and spinal somatosensory evoked potentials.

Prog. Clin. Neurophysiol., 7, (1980)

STOCKARD J., STOCKARD E., SHARBROUGH F.W.: Detection and localization of occult lesions with brainstem auditory responses.

Mayo Clin. Proc., 52, 761-769 (1977)

STÖHR M.: Bedeutung der frühen akustisch evozierten Potentiale bei der Feststellung des Hirntodes.

Dtsch. Med. Wochenschrift, 111, 1515-1519 (1986).

SUZUKI M.: The effect of intravenous injection of lidocaine on the auditory system.

Auris Nasus Larynx, 10, 25-36 (1983).

TIETZE G., PANTEV C.: Comparison between auditory brainstem responses evoked by rarefaction and condensation step functions and clicks. Audiology, 25, 44-53 (1986)

UZIEL A., BENEZECH J., LORENZO S., MONSTREY Y., DUBOIN M.P., ROQUEFEUIL B.: Clinical applications of brainstem auditory evoked potentials in comatose patients. In: COURJON J., MAUGUIERE F., REVOL M. (eds): Clinical applications of evoked potentials in neurology. Raven, New-York, 195-202, (1982)

Herrn Prof. Dr. Wilfried Kraft gilt mein spezieller Dank für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Ganz besonders möchte ich auch Frau Dr. Federhen-Bilzer danken, da sie mir sowohl bei der Durchführung der Versuche als auch bei der Erstellung der Arbeit jederzeit mit ihrem Fachwissen und ihrer großen Hilfsbereitschaft zur Seite stand.

Lebenslauf

Name: Carl Peter Braun

Geburtsdatum: 17.11.1955

Geburtsort: München

Wohnort: Siegsdorf 6
8201 Höslwang

Familienstand: verheiratet seit 12.12.1986

Schulbesuch: 1962-1966 Volksschule München
1966-1971 Oskar-von-Miller-Gymnasium
München
1971-1976 Staatliches Landschulheim
Marquartstein
24.06.1976 Abitur

Studium: 1980-1986 Studium der Tiermedizin an
der Ludwig-Maximilians-Uni-
versität in München
09.12.1986 Approbation als Tierarzt

Wehrdienst: 01.07.1976 - 30.09.1977 Grundwehrdienst
in Traunstein

Berufstätigkeit: 1977-1980 Ausbildung zum Fachsportlehrer
mit Abschluß
ab Nov.87 Freier Mitarbeiter einer tier-
ärztlichen Gemischtpraxis in
Bad Aibling

